E1039

REFERÁLVA

MW

1

Energia
Victor

Energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREŞTI
IANUARIE 1984

Specialişti în energetică!

Vreţi să fiţi bine informaţi şi să dispuneţi de materiale documentare de actualitate?

Citiţi cu regularitate lucrările de informare documentară elaborate de ICEMENERG — Oficiul de informare documentară pentru energetică:

— ENERGETICA, revistă cu 12 apariţii pe an, 144 lei abonamentul.

— ENERGETICA SUPLIMENT, 6 volume pe an, preţ aproximativ 600 lei setul.

— ENERGETICA PESTE HOTARE, — seria Informaţii tehnico-ştiinţifice, 6 volume pe an, preţ aproximativ 600 lei setul.

— ENERGETICA PESTE HOTARE — seria Sumar energetic, 6 volume pe an, preţ aproximativ 600 lei setul.

★

Comenzile se adresează către ICEMENERG, Bd. Energeticienilor nr. 8, sector 3, Bucureşti, 74568, cu plata anticipată prin dispoziţie de plată sau mandat poştal în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01 BN — R.S.R, filiala sector 3, Bucureşti.

★

Citind şi colaborînd la revista „Energetica" şi la celelalte lucrări de informare documentară, participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul energeticii româneşti!

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS HÖLPONTÉS KÖNYVTÁR 1883

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 32 **1** IANUARIE 1984

Cuprinsul

Cuvîntarea ministrului energiei electrice, Trandafir Cocârlă, la simpozionul privind „Utilizarea raţională a formelor secundare de energie în economie, în special în industrie" — Bucureşti, 17 octombrie 1983 5—7

Cuvîntarea secretarului executiv al Comisiei Economice pentru Europa a ONU, Klaus A. Sahlgren, la simpozionul privind „Utilizarea raţională a formelor secundare de energie în economie, în special în industrie" — Bucureşti, 17 octombrie 1983 7—9

Simpozionul privind „Utilizarea raţională a resurselor energetice secundare în economie, în special în industrie" — Bucureşti, 17—21 octombrie 1983 9—13

ARTICOLE

Ion S. Antoniu, Călin Mihăileanu: **O chestiune de prioritate** (cu prezentare în limba engleză) 14—24

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, N. V. Boţan, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, H. V. Zărnescu, C. Mihăileanu, D. M. Potlog: **Dispozitive şi instalaţii de comandă, menţinere în funcţiune şi optimizare a unor procese ale sistemelor de acţionare cu motoare sincrone. I. Dispozitive şi instalaţia SINCROOPT I** 25—29

Tr.-G. Ionescu, Liana Bilegan: **Proiectarea automată a reţelelor electrice de distribuţie** (cu prezentare în limba engleză) 30—40

A. Leca, Minodora Leca, Cornelia Chiujdea: **Cercetări asupra efectului TOMS privind reducerea frecării la curgerea turbulentă a lichidelor** 40—45

PUNCTE DE VEDERE

C. I. Staicu: **Remarce asupra teoremelor Fermat-Euler** 46—49

RECENZII 50—51

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M. Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8, Sector 3, Telefon: 20 67 30, 21 46 30

Cd. 1759

I. P. „INFORMAŢIA" str. Brezoianu nr. 23—25, sector 6

Lei 12

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. fil. sect. 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P. O. Box 136—137, telex : 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie, nr. 3.

Tiparul : Intreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

СОДЕРЖАНИЕ

Речь Министра Электроэнергии СРР — Трандафир Кокырлэ — на „Симпозиуме по вопросам рационального использования вторичных энергетических ресурсов в народном хозяйстве и особенно в промышленности"— Бухарест, 17-ое октября 1983 г. 5—7

Речь Клауса А. Сахлгрена, исполнительного секретаря Экономической Комиссии для Европы ООН на „Симпозиуме по вопросам рационального использования вторичных энергетических ресурсов в народном хозяйстве и особенно в промышленности" — — Бухарест, 17-ое октября 1983 г. 7—9

Симпозиум по вопросам рационального использования вторичных энергетических ресурсов в народном хозяйстве и особенно в промышленности-Бухарест, 17—21 октября 1983 г. 9—13

Ион, С. Антониу, Кэлин Михэйляну: **Приоритетный вопрос** (с изложением на английском языке) 14—24

Г. Ижак, Г. Чепою, Н. В. Боцан, М. П. Диаконеску, Г. Савитеску, Х. В. Зэрнеску, К. Михэйляну, Д. М. Потлог: **Приспособления и установки для управления, поддержки в эксплуатации и оптимизациин некоторых процессов систем синхронного привода. I. Приспособления и установка „СИНКРООПТ I"** 25—29

Тр.-Г. Ионеску, Лиана Билеган: **Автоматическое проектирование электрических распределительных сетей** (с изложением на английском языке) 30—40

А. Лека, Минодора Лека, Корнелия Кюждя: **Исследования по вопросу эффекта ТОМС, с точки зрения уменьшения трения при турбулентном течении жидкостей** 40—45

ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

К. И. Стайку: **Замечания по вопросу теорем Ферма-Эулер** 46—49

РЕЦЕНЗИИ 50—51

INHALTSVERZEICHNIS

Die Ansprache des Ministers für Elektroenergie, Trandafir Cocârlă, auf dem „Symposium für die rationelle Anwendung der Sekundärenergiequellen in der Wirtschaft, besonders in der Industrie" — Bukarest, den 17 Oktober 1983 5—7

Die Ansprache des Exekutivsekretärs der UNO—Wirtschaftskomission für Europa, Klaus A. Sahlgren, auf dem „Symposium für die rationelle Anwendung der Sekundärenergiequellen in der Wirtschaft, besonders in der Industrie" — Bukarest, den 17 Oktober 1983 7—9

Das Symposium über die rationelle Anwendung der Sekundärenergiequellen in der Wirtschaft, besonders in der Industrie, Bukarest, den 17—21 Oktober 1983 9—13

Ion S. Antoniu, Călin Mihăileanu: **Eine Prioritässsache** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 14—24

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, N. V. Boţan, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, H. V. Zărnescu, C. Mihăileanu, D. M. Potlog: **Vorrichtungen und Anlagen für die Steuerung, Betriebsbewahrung und Optimisierung einiger Prozesse der Antriebssysteme mit Synchronmotoren. I: Die Vorrichtungen und die Anlage SINCROOPT I** 25—29

Tr.-G. Ionescu, Liana Bilegan: **Die automatische Planung der Verteilungsnetze** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 30—40

A. Leca, Minodora Leca, Cornelia Chiujdea: **Forschungen über den Effekt TOMS über die Herabsetzung der Reibung bei der Turbulenzströmung von Flüssigkeiten** 40—45

GESICHTSPUNKTE

C. I. Staicu: **Betraehtungen über das Fermat-Euler Theorem** 46—49

REZENSIONEN 50—51

SOMMAIRE

Le discours du ministre de l'énergie électrique, Trandafir Cocârlă, au colloque sur „L'utilisation rationnelle des énergies secondaires dans l'économie, en particulier dans l'industrie", à Bucarest, le 17 octobre 1983 5—7

Le discours de M. Klaus A. Sahlgren, le secrétaire exécutif de la Commission Economique pour l'Europe, au colloque sur „L'utilisation rationnelle des énergies secondaires dans l'économie, en particulier dans l'industrie", à Bucarest, le 17 octobre 1983 7—9

Le colloque sur „L'utilisation rationnelle des énergies secondaires dans l'économie, en particulier dans l'industrie" Bucarest, 17—21 octobre 1983 9—13

Ion S. Antoniu, Călin Mihăileanu: **Une question de priorité** (avec une présentation en anglais) 14—24

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, N. V. Boţan, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, H. V. Zărnescu, C. Mihăileanu, D. M. Potlog: **Dispositifs et installations de commande, de maintien en fonctionnement et optimisation de quelques opérations du systèmes d'actionnement à moteurs synchrones. I. Dispositifs et installation SINCROOPT I** 25—29

Tr.-G. Ionescu, Liana Bilegan: **La conception automatique des réseaux électriques de distribution** (avec une présentation en anglais) 30—40

A. Leca, Minodora Leca, Cornelia Chiujdea: **Recherches sur l'effet de TOMS concernant la réduction du frottement de l'écoulement turbulent des liquides** 40—45

POINTS DE VUE

C. I. Staicu: **Remarques sur les théorèmes Fermat-Euler** 46—49

COMPTE-RENDUS 50—51

SUMMARIES

The Speech of the Minister of Electric Energy, Trandafir Coeârlă, at the „Symposium Concerning the Rational Use of Secondary Energy Sources in Economy, Mainly in Industry", Bucharest, October 17, 1983 5—7

The Speech of the Executive Secretary of the UNECE, Klaus A. Sahlgren, at the „Symposium Concerning the Rational Use of Secondary Energy Sources in Economy, Mainly in Industry", Bucharest, October 17, 1983 7—9

The Symposium Concerning the Rational Use of Secondary Energy Sources in Economy, Mainly in Industry, Bucharest, October 17—21, 1983 9—13

DC: 621.3.016.45

Ion S. Antoniu, Călin Mihăileanu: **A Priority Matter**

In the last decade a couple of proposals have appeared in literature concerning changes in the definition of the reactive power under nonsinusoidal conditions and of the decomposition of apparent power into components. The authors make again topical the substantiation given by C. I. Budeanu to the concepts introduced by him and oficially adopted by the international technical scientific community more than half of century ago, in order to defend C. I. Budeanu's priority, as well as that of the Romanian School created by him in the study of electrical power systems in distorting conditions.

[Energetica 32 (1984), nr. 1, p. 14—24]

C.D.: 621.313.323: 621—52

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, N. V. Boţan, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, H. V. Zărnescu, C. Mihăileanu, D. M. Potlog: **Devices and Installations for the Control, Operation and Optimisation of Some Actuating Systems Processes Optimization with Synchronous Motors. I: The Devices and Installation SINCROOPT I**

The installation SINCROOPT and the control, protection and regulation apparata for the actuating systems with synchronous motors maintain these actuations in operation during short duration passing perturbations in order to maintain the stability of technological processes of which they are a part. The energy losses and production losses are thus avoided.

The installation optimizes the evolution of phenomena specific for synchronous motors and thus achieve an improvement of the behaviour of the actuating devices with these motors during start-ups and during different short-duration perturbations. The mechanic, thermal and electrodynamic stresses are thus diminished during these regimes.

During different perturbations (e.g. voltage dips, flickers, and microstops) the studied actuating devices, considered individually, as well as in group become stable for microstops up to seven seconds and to voltage dips of over 50% from the rated value, of a duration of about 10 seconds.

[Energetica 32 (1984), nr. 1 p. 25—29]

DC 621.316.1.001.1

Tr.-G. Ionescu, Liana Bilegan: **The Automatic Planning of Distribution Networks**

The paper presents the algorithm and the calculation program for the automatic planning of medium and low voltage distribution networks (the program PARED).

The calculation program helps to determine the number of medium to low voltage transformers needed in a network, the medium voltage distributors number as well as the location of transformer posts which should provide the smallest possible energy losses in a network by an even loading.

Once established, these elements the medium voltage network is designed and finally, the low voltage network is analysed from a technical and economic point of view.

The general network optimization refers to total minimal updated expenses.

[Energetica 32 (1984), nr. 1, p.30—40]

DC 621.311.001.4

A. Leca, Minodora Leca, Cornelia Chiujdea: **Researches Concerning the TOMS Effect of Friction Loss at the Turbulent Liquids Flow**

The general elements of the TOMS phenomenon are presented. The phenomenon refers to a 65—70% reduction of linear pressure losses at the turbulent liquids flow by adding small quantities of certain substances to them. The results of experimental tests obtained by the authors from a complex research program of the TOMS phenomenon as well as its application tendencies are given.

[Energetica 32 (1984), nr. 1, p. 40—45]

C. I. Staicu: **Remarks on Fermat-Euler Theorems**

Fermat's famous last theorem and the similar generalized Euler theorem are centuries old, but their general demonstrations have not yet been found, although this has been some first rank mathematicians' concern. The specialists consider necessary some non-elementary methods, along with ideas and some novel stronger methods. The paper proposes a new way of solving these theorems, that hasn't been tackled so far, based on the respective equations homogeneity. Some remarks are made and certain conclusions are drawn that constitute new elements and concepts; this new way is correlated with the general dimensional analysis, previously drawn up by the author, the similarities between them being pointed out.

[Energetica 32 (1984), nr. 1, p. 46—49]

REVIEWS 50—51

Cuvîntarea ministrului energiei electrice, Trandafir Cocârlă, la simpozionul privind „Utilizarea raţională a formelor secundare de energie în economie, în special în industrie"

București, 17 octombrie 1983

Sîntem bucuroşi să găzduim această reuniune deosebit de importantă, organizată de Comisia Economică ONU pentru Europa, în care vor fi discutate probleme atît de actuale din domeniul conservării energiei. Vă urăm bun venit la Bucureşti şi reuşită în activitatea pe care o veţi desfăşura în cadrul acestui simpozion.

Mulţumim conducerii secretariatului Comisiei Economice ONU pentru Europa pentru onoarea ce ne-a făcut acceptînd propunerea României ca Bucureştiul să fie locul de desfăşurare a simpozionului privind „Utilizarea raţională a resurselor secundare energetice în economie, îndeosebi în industrie". Fără îndoială, în această alegere CEE—ONU a ţinut seama de faptul că în ţara noastră preocupările pentru economisirea energiei şi pentru recuperarea şi utilizarea, în cît mai mare măsură, a resurselor secundare energetice din industrie, în scopul creşterii eficienţei economice în folosirea combustibililor, sînt de mai bine de 20 de ani în atenţia conducerii statului şi instituţiilor care se ocupă de problemele energiei. În ultimii ani, în România, activităţile privind valorificarea resurselor energetice secundare s-au intensificat şi se desfăşoară pe bază de programe ample, coordonate la nivel naţional.

România, sub conducerea P.C.R., a preşedintelui Nicolae Ceauşescu, este în perioada în care depăşeşte stadiul de ţară în curs de dezvoltare, după ce în anii precedenţi, pornind de la o economie înapoiată şi slăbită în cursul celui de-al doilea război mondial, dezvoltarea economică şi socială s-a realizat în ritmuri înalte:

— venitul naţional a crescut din 1950 în 1980 de 15 ori;
— producţia globală industrială de 34 de ori;
— productivitatea muncii în industrie de 10 ori;
— puterea instalată în centralele electrice de 22 ori;
— consumul de energie electrică de 32 ori;
— consumul total intern de energie primară de aproape 9 ori.

Orientarea principală pe parcursul a şapte planuri cincinale a constat în industrializarea intensivă, cu o structură modernă şi de înaltă eficienţă şi o raţională repartizare teritorială; dezvoltare socială deosebit de intensă în domeniul construirii de noi locuinţe; extinderea şi modernizarea transporturilor; dezvoltarea şi mecanizarea intensă a agriculturii. Concomitent, a trebuit să se asigure extinderea bazei energetice a economiei şi s-a iniţiat o vastă acţiune de electrificare a întregii ţări, pentru susţinerea acestei dezvoltări.

De la 11 milioane tone combustibil convenţional consum intern de energie primară şi aproximativ 2 miliarde kWh consum de energie electrică în 1950 s-a ajuns la 95 milioane tone combustibil convenţional şi aproape 68 miliarde kWh energie electrică în 1980.

Consumul de energie primară a crescut în aceste condiţii, de la 0,7 t c.c. pe locuitor în 1950 la peste 4 t c.c. în 1980, iar cel de energie electrică de la 130 kWh în 1950 la peste 3 000 kWh în 1980.

Consumul de energie pe un lucrător din industrie a crescut de la 1 t c.c. în 1950 la 2,6 tc.c. în 1980, iar cel de energie electrică de la 2340 kWh în 1950 la aproape 16000 kWh în 1980.

Industria consumă aproape 70% din totalul resurselor anuale de energie primară, iar din totalul industriei mai mult de 60% este folosit de industria metalurgică, chimică şi industria materialelor de construcţii.

În structura resurselor de energie primară cu care s-au asigurat necesităţile consumului intern, în continuă creştere, au intervenit importante mutaţii în decursul timpului, pentru a se pune în valoare, în proporţii crescînde, cărbunii şi resursele hidroenergetice.

Ţinîndu-se seama de resursele naturale de care dispunem, dar şi de eforturile materiale, financiare şi tehnologice necesare pentru punerea în valoare a fiecărei forme naturale de energie, politica urmărită în domeniul energetic este caracterizată prin realism şi consecvenţă, precum şi o continuă preocupare pentru economisire, conservarea energiei şi creşterea randamentelor cu care sînt folosiţi, în toate ramurile economiei, combustibilii şi energia electrică.

În structura actuală a resurselor primare folosite cărbunii reprezintă mai mult de 22%, ţiţeiul 32%, gazele naturale 39%, energia hidro 4%, lemnul şi alţi combustibili inferiori 3%. În acoperirea unei părţi a necesităţilor anuale de energie ţara noastră importă ţiţei şi cantităţi limitate de cărbuni cocsificabili şi cocs necesare industriei metalurgice.

Ponderea ridicată pe care hidrocarburile o au încă în structura resurselor primare de energie folosite anual, determină o intensă activitate de programare anuală şi îndeosebi de per-

spectivă, de cercetare ştiinţifică-tehnică în institute de cercetare, specializate pe ramuri ale economiei, de control şi îndrumare, exercitată de ministere şi un comitet specializat, condus direct de tovarăşa academician dr. ing. Elena Ceauşescu, care se ocupă de buna gospodărire a mijloacelor materiale folosite în economie, precum şi o activitate dezvoltată privind recuperarea resurselor secundare energetice pe ramuri industriale.

A fost legiferată şi urmărită cu perseverenţă şi răbdare o amplă acţiune de elaborare de bilanţuri energetice pe instalaţii şi întreprinderi, pentru determinarea randamentelor termoenergetice, depistarea agregatelor din care se produc pierderi şi stabilirea soluţiilor tehnice pentru a se face posibilă, în limitele eficacităţii economice, recuperarea de resurse energetice secundare.

A trebuit, bineînţeles, desfăşurată şi o activitate adecvată de educare şi instruire a personalului tehnic de resort, ca şi o activitate de propagandă publicitară pentru masa de consumatori de combustibili şi de energie electrică.

Astăzi recuperăm anual în România din resursele energetice cu potenţial ridicat, care înainte erau aruncate în mediul ambiant, mai mult de 9 milioane t c.c., care reprezintă tot atîta cantitate de energie primară economisită şi care în ultimă instanţă se traduce în echivalent petrol brut economisit. Ele sînt folosite în instalaţii industriale (unele chiar în instalaţiile care le-au produs), în instalaţii termice de încălzit consumatori urbani şi sere şi chiar pentru producerea de energie electrică (Reşiţa, Galaţi, Piteşti, Borzeşti).

În cadrul acţiunilor programate pentru recuperarea de resurse energetice secundare pe ministere, ramuri ale economiei, întreprinderi şi instalaţii industriale, urmărim ca, generalizind acţiunile pe întreaga economie, în următorii 10—12 ani cantitatea de resurse energetice recuperate anual din instalaţiile industriale să fie dublată.

A fost dezvoltată treptat fabricaţia de utilaje necesare pentru recuperarea şi valorificarea acestor resurse : schimbătoare de căldură, pompe de căldură, recuperatoare, compresoare şi turbine de recuperare.

Programele naţionale energetice de perspectivă adoptate de conducerea statului pentru perioada 1981—1990 şi orientările date de preşedintele ţării, tovarăşul Nicolae Ceauşescu, pentru perioada pînă în anul 2000, au în vedere necesitatea ca la finele acestui deceniu România să devină independentă din punctul de vedere al energiei şi combustibililor.

Modernizarea structurii economiei şi accentuarea măsurilor de economisire a energiei, în toate sectoarele de activitate, vor trebui să asigure, în cursul următorilor 10 ani, obţinerea unui venit naţional pe unitatea de energie consumată la un nivel comparabil cu realizările din ţările cele mai industrializate.

Dezvoltarea bazei energetice în continuare pune accentul pe intensificarea valorificării potenţialului hidroenergetic, creşterea extracţiei de cărbuni, realizarea unui program de construcţii de centrale nuclearoelectrice şi folosirea intensivă a formelor inepuizabile de energie — solară, eoliană, geotermală, biogaz — restrîngîndu-se în structura resurselor de energie primare folosite, ponderea hidrocarburilor. În structura resurselor primare de energie folosite în centralele electrice se va produce pînă în 1990 o radicală schimbare :

	1980 %	1990 %
Hidro	17,6	24
Nucleară	—	17
Cărbuni	40	44
Hidocarburi	39,7	5
Energie recuperată şi surse noi	2,7	10

Politica energetică de perspectivă promovează cu hotărire, la scara întregii economii, în paralel cu activităţile care se desfăşoară pentru scăderea continuă a consumurilor specifice energetice, două acţiuni esenţiale pentru economisirea combustibililor : valorificarea resurselor secundare energetice care se pot recupera din instalaţii industriale şi producerea combinată de energie electrică şi termică, cu extinderea corespunzătoare a distribuţiei de căldură pentru încălziri colective urbane, pentru agricultură şi industria agroalimentară.

Noi sîntem convinşi, şi practica precedenţilor 30 de ani ne îndreptăţeşte această convingere, de eficienţa economică ridicată a termoficării urbane şi încălzirii serelor din centrale termoelectrice.

Cunoscîndu-se importanţa deosebită a asigurării şi a bunei gospodăriri a energiei pentru întreaga dezvoltare economico-socială, folosirea cu spirit de răspundere a tuturor formelor de energie a devenit în ţara noastră o preocupare permanentă şi generală.

O mărturie modestă a intensităţii preocupărilor noastre în legătură cu problemele acute actuale din domeniul conservării energiei în cadrul cărora, după părerea noastră, un loc priori-

tar trebuie să-l ocupe recuperarea în cît mai mare măsură și utilizarea resurselor secundare energetice din industrie, o constituie susținerea la acest simpozion a celor 16 rapoarte elaborate de energeticieni din România.

Am dori să transmitem tuturor participanților la acest simpozion, încrederea că această acțiune de recuperare a resurselor energetice secundare din industrie reprezintă o cale sigură de economisire a mari cantități de energie și va asigura o eficiență economică ridicată.

Din partea gazdelor acestui simpozion vă doresc un sejur plăcut în București și succes deplin lucrărilor simpozionului.

Cuvîntarea secretarului executiv al Comisiei Economice pentru Europa a ONU, Klaus A. Sahlgren, la simpozionul privind „Utilizarea rațională a formelor secundare de energie în economie, în special în industrie"

București, 17 octombrie 1983

Excelență,
Domnule Președinte,
Distinși delegați,
Doamnelor și domnilor,

Îmi face plăcere să revin la București cu această ocazie. Îmi amintesc de călduroasa ospitalitate oferită de guvernul României, care a găzduit a 29-a sesiune a Comisiei, în 1974, pe cînd eram reprezentantul țării mele, Finlanda. De asemenea, România a demonstrat permanent angajarea în cooperarea cu CEE, în special în domeniul energetic, prin sprijinul acordat seminariilor ținute anterior în această țară.

Originea acestui simpozion datează din 1978, cînd un specialist român, Ion Herescu, a întreprins un studiu care, ulterior, a generat subiectul acestui simpozion privind utilizarea rațională a formelor secundare de energie în economie, în special în industrie.

Încă de la criza petrolului, cu zece ani în urmă, CEE a pus un accent deosebit pe problemele generale ale energiei și a întreprins activități menite să ajute guvernele țărilor membre să-și rezolve aceste probleme. O serie de studii recente ale CEE au analizat programele energetice, politicile și perspectivele țărilor din această zonă și au încercat să ajungă la concluzii care să vină în ajutorul țărilor membre.

Deși situația energetică s-a îmbunătățit în ultimul timp, în comparație cu perioada precedentă de criză și prețuri în creștere, secretariatul CEE continuă să-și exprime prudența în ceea ce privește perspectivele pe termen mai lung.

Evaluarea balanțelor energetice a fost reluată în ultimul nostru studiu asupra „Perioadei de tranziție energetică în țările membre CEE" pentru a lua în considerare noii factori de cerere și ofertă, dar interesul primordial, în viitor, rămîne același ca cel al studiilor întreprinse într-o perioadă anterioară. Există indicii că s-au realizat progrese în domeniul substituției petrolului, iar diversificarea comerțului poate avea un caracter temporar din cauza ritmului lent sau chiar stagnării dezvoltării economice. Pe măsură ce economiile țărilor din această zonă reînfloresc și-și reiau vechile sisteme de dezvoltare, presiunea în domeniul aprovizionării cu energie, în special cu petrol, poate deveni din nou serioasă.

Programul energetic general al CEE se concentrează asupra conservării energiei — subiect aflat printre prioritățile energetice ale tuturor țărilor membre ale CEE. Primul studiu major întreprins de secretariat, referitor la „Eficiența și economia energetică crescută în regiunea țărilor membre CEE", publicat în 1976, a indicat economii potențiale substanțiale de energie printr-o eficiență crescîndă în producerea, transmiterea și utilizarea energiei. S-a estimat, în acel moment, o reducere cu o treime a consumului de energie, pînă în anul 2000, fără ca aceasta să influențeze dezvoltarea economică și modul de viață.

O serie de alte studii întreprinse de CEE urmăresc conservarea energiei în zonă, unde progresele din ultimii ani au fost impresionante. După cum demonstrează studiul privind „Perioada de tranziție energetică", utilizarea energiei pe unitatea de producție a scăzut cu aproximativ 16% în țările Pieței Comune și cu 11% în țări cu o economie planificată centralizat, în perioada 1973—1982. Aceste economii reprezintă peste 700 milioane tone de petrol sau echivalentul importurilor totale de petrol efectuate de țările membre ale CEE în 1982. Economia de

energie a fost substanţială în sectorul industrial, observîndu-se totodată o îmbunătăţire accentuată în sectorul transporturilor şi în cel al consumului casnic. Rata medie anuală a creşterii cererii de energie primară a fost de unu la sută, între 1973 şi 1982, comparativ cu 4,9 % în perioada 1965—1973.

Cu toate că, în ultimul deceniu, s-au înregistrat progrese impresionante în domeniul conservării energiei, mai rămîne încă un potenţial ridicat, pentru viitor, cu condiţia ca guvernele să adopte o politică energetică pozitivă şi să întărească cooperarea internaţională.

Un studiu recent al CEE, intitulat „Un viitor energetic eficient — Perspective în Europa şi America de Nord", estimează că, pînă în anul 2000, necesarul de energie în ţările membre ale CEE, se va putea reduce cu aproximativ 19 %, în condiţiile continuării tendinţelor actuale. Acest obiectiv ar putea fi atins în condiţiile aplicării generale a celor mai eficiente tehnologii existente.

Sectorul industrial este, firește, principalul consumator de energie, reprezentînd aproape jumătate din consumul ţărilor membre ale CEE. De aceea, economiile realizate în acest sector vor avea un impact mai mare asupra consumului de energie, în general; acest fapt subliniază importanţa lucrărilor acestui simpozion. Conform concluziilor studiului CEE, economiile din industrie s-ar putea ridica la 21 % pînă la sfîrşitul secolului, avînd în vedere tendinţele actuale.

CEE răspunde, în special, de industria metalurgică, chimică şi de tehnologii şi, deci, examinează probleme şi face recomandări privind aspectele energetice din aceste ramuri ale industriei.

Sub auspiciile CEE au avut loc o serie de seminarii şi simpozioane de o mare importanţă pentru pregătirea acestui simpozion. Aş menţiona Seminarul privind producerea combinată a energiei electrice şi a căldurii (Hamburg, 1978) şi Seminarul privind situaţia energetică în industria metalurgică (Viena, 1981). Studiul despre „Conservarea energiei în industria chimică" (1980) şi cel privind măsurile de îmbunătăţire a echipamentelor în scopul unei utilizări mai eficiente oferă şi ele materiale utile pentru acest simpozion.

Seminarul privind calităţile comparative ale resurselor energetice în asigurarea necesarului de căldură la consumator, care a avut loc anul trecut la Ohrid, Iugoslavia, este deosebit de important pentru prezentul simpozion. Seminarul a întreprins o examinare comparativă a eficienţei diferitelor surse de energie pentru asigurarea necesarului de căldură la consumator, în diferite domenii de temperatură. Peste 60 % din energia consumată în ţările membre ale CE este sub formă de căldură şi jumătate din acest consum se efectuează în domeniul de temperatură sub 100°C. Acesta este un domeniu cu un potenţial substanţial pentru conservarea energiei şi pentru substituţia de combustibil, în care rezultatele dezbaterilor dv. ar putea fi de mare ajutor guvernelor şi industriilor pentru adaptarea proceselor industriale în scopul conservării şi utilizării mai eficiente a căldurii.

Simpozionul de azi vă oferă ocazia de a da o mai mare amploare programului CEE privind conservarea energiei, în special în industrie. Dv. veţi examina îndeaproape recuperarea şi utilizarea raţională a resurselor termice secundare, a RES combustibile şi de altă natură şi posibilităţile de conservare în anumite industrii. Au fost transmise peste 80 de rapoarte tehnice, cuprinzînd o gamă largă de domenii şi probleme legate de aceste teme de bază.

A fost inclusă şi o sesiune de lucru privind politicile energetice naţionale şi internaţionale, sesiune menită să sprijine transmiterea concluziilor şi recomandărilor dv. către guvernele ţărilor membre. Acesta este, de fapt, scopul final al activităţii noastre în cadrul CEE.

Domnule Preşedinte,

Ar putea fi luate în considerare o serie de propuneri privind cooperarea internaţională, în special prin intermediul CEE. Aceste propuneri ar putea include contabilizarea şi supravegherea programelor din fiecare ramură industrială în scopul evaluării consumului real de energie pe unitatea de producţie fizică, îmbunătăţirii consumului de energie, precum şi al evaluării unor îmbunătăţiri pe mai departe, informaţii privind cele mai bune practici curente de utilizare a energiei în anumite procese industrale, ca şi formularea politicilor naţionale de conservare a energiei în industrie. S-ar putea examina posibilităţile de intensificare a comerţului est-vest şi de cooperare în domeniul tehnologiilor şi practicilor energetice eficiente în scopul introducerii mai largi a celei mai bune tehnici.

Posibilităţile de progres în conservarea energiei sînt substanţiale. Măsurile de economisire a energiei sînt, în general, mai puţin costisitoare decît investiţiile necesare producerii crescînde de energie şi, deci, merită atenţia noastră continuă. Pe baza informaţiilor deja furnizate şi a experienţei participanţilor la acest Simpozion, putem anticipa că se va ajunge la concluzii valoroase de utilizare practică pentru guvernele ţărilor membre ale CEE, precum şi pentru întreprinderile industriale.

Urez mult succes lucrărilor Simpozionului.

Simpozionul privind „Utilizarea raţională a resurselor energetice secundare în economie, în special în industrie"

București, 17—21 octombrie 1983

În zilele de 17—21 octombrie 1983 s-au desfășurat la București lucrările primului simpozion dedicat „Utilizării raționale a resurselor secundare energetice în economie, în special în industrie", organizat de Comisia Economică pentru Europa a Organizației Națiunilor Unite.

Ținînd seama de problemele acute pe care aprovizionarea cu energie le pune în fiecare țară, mai ales în perspectiva următorilor 15—20 de ani, Comisia Economică pentru Europa a ONU a abordat cu mare interes problemele conservării și economisirii energiei și în ultimii ani a pregătit, ținînd seama și de cîteva inițiative ale unor energeticieni români, simpozionul care de curînd s-a ținut la București.

La inițiativa guvernului R. S. România, ONU—CEE a acceptat ținerea acestui simpozion la București, sub auspiciile Ministerului Energiei Electrice — Institutului Central de Cercetări Energetice, ținînd seama de activitatea intensă care se desfășoară de multă vreme în țara noastră în acest domeniu deosebit de important și de actual în cadrul preocupărilor pentru conservarea și economisirea energiei.

Simpozionul s-a bucurat de o participare foarte activă a specialiștilor energeticieni din 18 țări : Anglia, Austria, R. P. Bulgaria, Cipru, R. S. Cehoslovacă, Elveția,, Finlanda, Franța, R. D. Germană, R. F. Germania, Italia, Norvegia, Olanda, R. P. Polonă, S.U.A., R. P. Ungară, U.R.S.S. și R. S. România.

Au participat 94 de specialiști din care 61 străini, precum și reprezentanți ai secretariatului Comisiei Economice pentru Europa a Organizației Națiunilor Unite, Consiliului pentru Asistență Economică Reciprocă al țărilor socialiste — CAER, Comunității Economice Europene — EEC, Agenției Internaționale pentru Energie — OCDE, Organizației ONU pentru Industrie și Dezvoltare — UNIDO, Organizației Europene pentru Cercetări Nucleare — CERN.

S-au supus discuțiilor 68 referate de specialitate tratînd probleme privind recuperarea și valorificarea posibilă a resurselor secundare energetice din industrie și 12 rapoarte generale, pe grupe de preocupări și secțiuni de lucru ale simpozionului. Energeticienii români au participat cu 18 referate, de nivel tehnico-economic ridicat, care au prezentat stadiul actual al acestor preocupări și probleme în țara noastră și rezultatele obținute pînă acum în domeniul deosebit de actual al conservării energiei.

Lucrările simpozionului au fost deschise în ziua de 17 octombrie prin cuvîntul ministrului energiei electrice, Trandafir Cocârlă, și expunerea secretarului executiv al Comisiei Economice pentru Europa a Organizației Națiunilor Unite, Klaus Sahlgren.

Scopurile propuse pentru această reuniune au fost :

a — să se analizeze stadiul actual al valorificării resurselor secundare energetice în economie, în special în industrie ;

b — să se examineze posibilitățile de punere în valoare a formelor secundare de energie, prin tehnologii noi ;

c — să se ajute guvernele țărilor membre în direcția sporirii cooperării lor în acest domeniu, în special prin formularea de recomandări și dezvoltarea schimburilor de informații.

Referatele prezentate au tratat o gamă foarte largă de aspecte și probleme legate de creșterea randamentelor cu care este folosită energia primară, în principal în industrie, posibilitățile de recuperare și valorificare a resurselor secundare energetice din industrie, îmbunătățirea tehnologiilor de recuperare și utilizare a acestor resurse, eficiența economică a recuperărilor :

.12 referate s-au ocupat de refolosirea RES în combinate metalurgice,
.8 referate s-au axat pe valorificarea RES în combinate chimice și rafinării de petrol,
.3 referate au prezentat posibilitățile recuperării RES în industria sticlei,
.8 referate s-au ocupat de recuperări de RES în instalații din alte ramuri industriale și din transporturi,
.5 referate au prezentat posibilitățile actuale și de perspectivă în utilizarea pompelor de căldură,
.5 referate s-au ocupat de problemele încălzirilor colective urbane folosindu-se RES din industrie,
9 referate au tratat probleme tehnice privind valorificarea și îmbunătățirea calitativă a RES,
.9 referate s-au ocupat de eficiența economică a recuperării RES,
.9 referate au descris măsuri practice de recuperare a RES aplicate în țările socialiste și în țări vest-europene.

Patru din rapoartele generale s-au ocupat de recuperarea și utilizarea rațională a resurselor energetice secundare termice (joasă, medie și înaltă temperatură și pentru producere de energie electrică); unul a prezentat recuperarea și folosirea resurselor secundare combustibile și a altor forme de RES; șase rapoarte generale au prezentat analize ale fluxurilor de energie în industrie și problemele recuperării și utilizării raționale a RES în industria chimică, metalurgie, industria sticlei, materialelor de construcții, celulozei și hîrtiei, industria alimentară, industria ușoară; ultimul raport general, elaborat de secretariatul Comisiei Economice pentru Europa a ONU, a prezentat politici naționale și intenaționale privind conservarea energiei și valorificarea resurselor secundare energetice din industrie.

Lucrările simpozionului s-au desfășurat în patru secțiuni de lucru succesive și o masă rotundă, cu toți participanții prezenți:

Secția 1 — Recuperarea și utilizarea rațională a RES termice:

1.1. — de temperaturi joase, sub 100°C;
1.2. — de temperaturi mijlocii, între 100 și 400°C;
1.3. — de temperaturi înalte, peste 400°C;
1.4. — cu utilizarea RES în legătură cu producerea de energie electrică.

Secția 2 — Recuperarea și utilizarea rațională a RES combustibile și a altor forme de RES

Secția 3 — Recuperarea și utilizarea rațională a RES în industrie și în general

3.1. — Analiza fluxului energetic în industrie;
3.2. — Analiza intersectorială;
3.2.1. — Industria chimică, rafinării de petrol, petrochimie și industria gazului;
3.2.2. — Industria metalurgică;
3.2.3. — Industria sticlei și industria materialelor de construcții, construcții de mașini;
3.2.4. — Alte industrii (celuloză și hîrtie, alimentară ș.a.) și agricultură.

Secția 4 — Politici naționale și internaționale

Discuțiile în cadrul mesei rotunde s-au axat pe compararea economică și tehnică a diferitelor soluții posibil de aplicat pentru valorificarea RES, tehnologiile indicate a fi folosite pentru recuperarea RES în cît mai mare măsură posibilă, posibilitățile de cooperare internațională în scopul promovării acțiunilor de recuperare a RES, pentru creșterea randamentelor cu care sînt folosiți combustibilii și energia.

Au contribuit, în mod deosebit, la reușita acestei manifestări de foarte bună calitate, următorii specialiști care au condus discuțiile și au permis să se ajungă la concluzii practice utile și de un deosebit interes pentru toți participanții: președinte Alexandru Florescu (R. S. România), vicepreședinți Roland Wolf (Franța) și prof. E. V. Ametistov (U.R.S.S.).

Secția 1.1. — președinte dr. P. Mühl (R.D.G.) și raportor prof. F. Moser (Austria)
Secția 1.2. — raportor G. Fournier (Franța)
Secția 1.3. — raportor M. A. Vadas (R. P. Ungară)
Secția 1.4. — raportor A. M. Angelini (Italia)
Secția 2. — președinte M. B. Kögl (Austria) și raportor V. E. Arakelov (U.R.S.S.)
Secția 3. — președintă V. Richterova (R. S. Cehoslovacă) și raportor H. Schaefer (R.F.G.)
Secția 3.2.1. — președinte H. Kotila (Finlanda) și raportor I. Boța (R. S. România)
Secția 3.2.2. — raportor B. Moucha (R. S. Cehoslovacă)
Secția 3.2.3. — raportor G. Schwenker (R.D.G.)
Secția 3.2.4. — raportor P. Sierilă (Finlanda)
Secția 4. — președinte M. Pop (R. S. România) și raportor L. Ruffing (CEE—ONU)

Din concluziile și propunerile de recomandări adoptate la încheierea lucrărilor simpozionului trebuie să fie scoase în evidență următoarele:

Concluzii

Recuperarea și folosirea resurselor secundare energetice din industrie constituie o cale sigură de economisire a energiei primare.

Recuperarea RES constituie o opțiune importantă în politica energetică în toate țările membre ale Comisiei Economice pentru Europa, atît din punct de vedere cantitativ, cît și calitativ, constituind un mijloc de consolidare a economiei, de creștere a eficienței energetice,

de substituire a petrolului și de reducere a implicațiilor pe care utilizarea energiei le are asupra mediului ambiant.

Aproximativ 45—50% din cantitățile de energie primară intrate la consumatorii finali sînt pierdute în mediul ambiant în cursul conversiunii și consumului. Cele mai mari pierderi se produc în transporturi (75—80%) și în agricultură (70%); în industrie se pierde 45—50% din energia consumată. Diferențele între cifrele din diferite țări sînt de ordinul a cîtorva procente, în funcție de structura industriei și de importanța industriilor mari consumatoare de energie.

Deși în sfera RES și în conceptul de valorificare a RES unele definiții variază de la o țară la alta, este posibil și necesar să se obțină un consens internațional asupra terminologiei și clasificărilor în acest domeniu.

Seminarul a convenit că RES cuprind căldura latentă și sensibilă care părăsește sistemul tehnologic fără să contribuie la sarcina de producție a acestuia, ca și pierderile de masă, de presiune, de energie mecanică și cinetică.

Există și se preconizează numeroase soluții tehnologice pentru recuperarea RES, dar aplicarea lor trebuie să se integreze într-o strategie generală națională și să se adapteze la condițiile specifice regionale (condiții climaterice, sisteme de încălziri colective urbane, utilizarea RES în agricultură ș.a.). RES pot fi folosite în forma directă în care se produc, după creșterea potențialului lor termic, sau prin conversiunea lor în alte forme de energie.

Se consideră că educația, conștiinciozitatea, specializarea și interacțiunea îmbunătățită între inginerii tehnologi și specialiștii energeticieni sînt necesare pentru a se putea aplica complet și rapid tehnicile de recuperare și valorificare a resurselor energetice secundare.

Schimbările care au intervenit pe piața mondială a energiei începînd din 1973—1974 și modificările care le-au urmat în politica energetică națională a fiecărei țări, au intensificat competitivitatea recuperării RES în raport cu folosirea energiei primare. Exemplele prezentate în cadrul simpozionului arată că timpii de amortizare a investițiilor făcute pentru recuperarea de RES sînt în general de ordinul a 3 ani (sau chiar mai puțin) și deci ele sînt mai eficace chiar din punctul de vedere al investițiilor în comparație cu cele necesare pentru obținerea energiei primare.

Cifrele arată că, începînd din 1977, aproximativ 10% din energia primară consumată anual în fiecare țară „a putut fi înlocuită" prin RES.

Termenele relativ lungi pentru dezvoltarea recuperărilor RES, investițiile importante pe care le necesită și durata lungă de viață estimată pentru echipamentele de recuperare a RES implică o planificare și o stabilitate pe termen lung și, în consecință, măsuri de încurajare pe plan guvernamental, îndeosebi în perioadele de fluctuație a prețiI energiei primare (care sînt de scurtă durată).

Perspectiva de a se obține importante economii în consumurile de energie primară justifică efortul național continuu și intensificarea efortului internațional pentru promovarea acțiunilor de recuperare și valorificare a RES.

Simpozionul a demonstrat utilitatea cooperării internaționale în domeniul valorificării resurselor secundare energetice; cea mai mare parte a problemelor discutate s-au dovedit a fi probleme de interes comun.

Recomandări

A. *Pentru politicile naționale*

Guvernele țărilor membre ale CEE—ONU trebuie să fie conștiente de rolul important pe care recuperarea RES îl joacă în reducerea consumului de energie primară, substituind petrolul și atenuînd poluarea mediului ambiant, precum și îmbunătățirea balanțelor de plăți.

Valorificarea cît mai completă a potențialului de RES cere aplicarea de măsuri specifice pentru:

a) asigurarea condițiilor pentru dezvoltarea fermă a recuperărilor RES prin aplicarea unei politici adecvate de prețuri în domeniul energiei, stimulînd investițiile și alocînd fonduri pentru cercetare și dezvoltare;

b) umplerea golurilor informaționale, în special în ceea ce privește întreprinderile mici și mijlocii care produc RES în formă de căldură la temperaturi joase;

c) ameliorarea interacțiunilor și cooperării intersectoriale și multidisciplinare între tehnologi și energeticieni, prin formarea lor, prin programe de studii, prin seminare;

d) depășirea barierelor instituționale în scopul îmbunătățirii continue a recuperării și folosirii RES, încurajarea contactelor directe și a planificării pe termen lung a cooperărilor pe plan local și regional (municipalități, urbaniști, producători și utilizatori de RES);

e) urmărirea și contabilizarea consumurilor de energie, controlul modului în care este consumată energia.

B. *Pentru activitatea ce trebuie continuată în cadrul CEE—ONU*

— Menținerea și dezvoltarea proiectului „Recuperarea și utilizarea rațională a resurselor energetice secundare" în programul de lucru al Comisiei Economice pentru Europa ONU privind problemele energetice egenerale.

— Informarea organelor subsidiare ale CEE—ONU interesate în rezultatele acestui simpozion și invitarea lor să includă în programele lor de lucru subiectele care se referă la recuperarea și valorificarea RES.

— Crearea unui grup de experți energeticieni pentru valorificarea RES, căruia să i se solicite:

a) redactarea unei terminologii și a unei clasificări internaționale a RES, în colaborare cu celelalte organizații internaționale competente;

b) identificarea și efectuarea de schimburi de experiență cu privire la cele mai bune practici și norme curente pentru recuperarea RES în țările membre ale CEE—ONU;

c) să efectueze o trecere în revistă a programelor de cercetare și dezvoltare în curs în domeniul valorificării RES, în țările membre ale CEE—ONU;

d) să aleagă subiectele tehnice și economice pentru o analiză aprofundată în cadrul reuniunilor și seminariilor ce se organizează de CEE-ONU, ținînd seama de sugestiile făcute în cadrul simpozionului (de ex.: transportul căldurii la distanță; acumularea căldurii; catalizatori îmbunătățiți; pompe de căldură; curățirea de praf și de impurități a gazelor fierbinți; ameliorarea și dezvoltarea producției de materiale ceramice și refractare și a aliajelor în vederea folosirii lor pentru recuperarea căldurii deșeu la temperaturi ridicate; turbine de gaze îmbunătățite);

e) să exploreze posibilitățile de îmbunătățire și extindere a comerțului și cooperării internaționale în domeniul recuperării și valorificării resurselor secundare energetice;

f) propuneri pentru dezvoltarea schimbului de informații și documentare privitoare la recuperarea și valorificarea RES.

N.R. Deși în prezent în țara noastră termenul adoptat pentru aceste tipuri de resurse este „resurse energetice refolosibile — RER", în materialul de față s-a utilizat denumirea „resurse energetice secundare — RES", în conformitate cu materialele oficiale ale simpozionului și cu frecvența de folosire a acestui termen în cadrul dezbaterilor.

Ing. Ioan V. Heresteu

Lista referatelor prezentate

1. Recuperarea căldurii sensibile din gazele de combustie în industria sticlăriei (Italia)
2. Evaluarea eficienței economice a utilizării formelor secundare de energie în Cehoslovacia (R. S. Cehoslovacă)
3. Căldura deșeu a gazelor de combustie la cuptoarele de topire a aluminiului (Franța)
4. Noi scheme de termoficare ce utilizează căldura care altfel s-ar pierde (Franța)
5. Recuperarea gazelor de combustie rezultate în procesul de producere a oțelului, procesul „Cle-Usinor" (Franța)
6. Cooperarea dintre întreprinderi și autoritățile municipale cu privire la căldura deșeu (Suedia)
7. Experiența acumulată și perspectivele utilizării căldurii secundare în industria sticlăriei (Ungaria)
8. Recuperarea căldurii secundare din cuptoarele industriale — factor important al conservării energiei în Ungaria (R. P. Ungară)
9. Utilizarea resurselor de energie secundară în industria chimică (R. S. Cehoslovacă)
10. Utilizarea resurselor de energie secundară în industria metalurgică din Cehoslovacia (R. S. Cehoslovacă)
11. Prezentarea activității desfășurate de organismele auxiliare ale Comisiei Economice pentru Europa în domeniul resurselor de energie secundară (Secretariatul CEE)
12. Tehnologiile ciclice active, ca bază de exploatare maximă a resurselor de energie secundară în cadrul întreprinderilor (R. S. România)
13. Utilizarea pompelor de căldură în industria ușoară (R. S. România)
14. Realizări și perspective din domeniul reciclării energiei în atelierele de finisare textilă (R. S. România)
15. Probleme tehnico-economice fundamentale cu privire la diminuarea energiei mecanice prin frecare în instalațiile de transport (R. S. România)
16. Integrarea energetică a tehnologiilor neconvenționale din industria îngrășămintelor chimice (R. S. România)
17. Utilizarea pentru preîncălzirea combustibililor și a aerului de combustie a căldurii fizice a gazelor de combustie ce rezultă din reîncălzirea cuptoarelor pe bază de combustibili gazoși cu valoare calorică scăzută (R. S. România)
18. Sfera de exploatare a energiei secundare recuperate într-o uzină siderurgică integrată (R. S. România)
19. Recuperarea căldurii fizice a produselor sinterizate din minereu de fier în timpul răcirii (R. S. România)
20. Eficiența energetică a sistemelor de recuperare prin intermediul pompelor de căldură de mare capacitate (R. S. România)
21. Utilizarea formelor secundare de energie în industria sovietică (U.R.S.S.)

22. Utilizarea căldurii cu potențial scăzut din lichidul de distilare în industria carbonatului de sodiu (U.R.S.S.)
23. Utilizarea resurselor de energie secundară la producerea frigului artificial (U.R.S.S)
24. Utilizarea energiei secundare la sistemele de încălzire, ventilare și condiționare a aerului (U.R.S.S.)
25. Eficiența energetică a utilizării resurselor de energie secundară (U.R.S.S)
26. Conservarea energiei: Utilizarea resurselor de energie secundară (U.R.S.S., R. P. Ungară).
27. Politici de administrare a necesarului de energie pentru țările OECD (Agenția Internațională pentru Energie)
28. Recuperarea resurselor de energie termică secundară — posibilități economice și tehnologice (Austria)
29. Aplicarea industrială a pompelor de căldură pe bază de amestecuri ca fluide de lucru (Austria)
30. Programele demonstrative ale Comunității Economice Europene în sectorul energetic (Comunitatea Economică Europeană)
31. Utilizările posibile ale energiei secundare în industria chimică (Secretariatul CEE)
32. Utilizarea căldurii rezultate din pierderile de energie secundară în rafinării (Austria)
33. Utilizarea eficientă a deșeurilor rezultate la producerea brichetelor de lignit în cazanele automatizate de mică putere cu capacități nominale de abur de 0,8 pînă la 3,2 t pe oră (R. D. Germană)
34. Utilizarea căldurii de compresiune rezultate la compresoarele cu piston pentru încălzire în întreprinderile industriale (R. D. Germană)
35. Îmbunătățirea balanței energetice prin utilizarea energiei secundare la un combinat chimic — exemplul combinatului „Walter Ulbricht" VEB Leuna-Werke (R. D. Germană)
30. Reducerea consumului de energie al cuptoarelor de forjă de mică capacitate prin intermediul reducerii cantității de căldură deșeu pentru încălzirea aerului (R. D. Germană)
37. Utilizarea căldurii deșeu rezultate la obținerea apei de răcire din centralele energetice de condensare și din întreprinderile industriale la încălzirea serelor (R. D. Germană)
38. Considerații asupra unei metode de optimizare a deciziilor în legătură cu recuperarea energiei (R. S. România)
39. Echipamentul de separare a particulelor mecanice din gazele tehnologice și recuperarea căldurii din gazele de acest tip (R. S. România)
40. Tehnologia de funcționare a instalațiilor de generare a aerului comprimat cu recuperarea căldurii deșeu (R. S. România)
41. Utilizarea căldurii reziduale cu potențial scăzut în centralele de energie electrică (R. S. România)
42. Contribuția resurselor de energie secundară la acoperirea consumului de energie primară din România (R. S. România)
43. Utilizarea resurselor termice de energie secundară (RES) în industria sticlăriei și în cea petrochimică din Bulgaria (R. P. Bulgaria)
44. Utilizarea resurselor combustibile de energie secundară în sectorul industrial din Bulgaria (R. P. Bulgaria)
45. Compensarea fluctuațiilor producției și consumului de gaz de furnal (R. P. Polonă)
46. Problemele tehnico-economice pe care le ridică recuperarea pierderilor de energie într-o uzină siderurgică integrată (R. P. Polonă)
47. Cooperarea dintre țările membre CAER în domeniul utilizării raționale a formelor secundare de energie (CAER)
48. Studii și realizări cu referire la gospodărirea căldurii deșeu (CERN)
49. Energia în sectorul industrial din Elveția — importanță, eforturi în scopul unei utilizări raționale și o serie de exemple (Elveția)
50. Prezentarea cercetării și proiecte demonstrative în domeniul utilizării energiei secundare (Finlanda)
51. Controlul automat și conservarea energiei la grupurile de distilare a țițeiului brut (Franța)
52. Cîteva exemple de investiții moderate ce permit realizarea de economii energetice în industrie (Franța)
53. Recuperarea energiei pneumatice din gazele din furnalele cu contrapresiune (Franța)
54. Recuperarea căldurii pierdute în motoarele diesel cu ajutorul ciclului Rankine apă-vapori (Franța)
55. Economisirea energiei din recomprimarea mecanică a vaporilor (Franța)
56. Economisirea energiei în cazul pompelor de căldură (Franța)
57. Utilizarea căldurii deșeu în industria hîrtiei și a celulozei (Finlanda)
58. Instalația de preparare a apei calde menajere de 7,5 Gcal/h cu pompă de căldură cu absorbție-compresie (R. S. România)
59. Recuperarea căldurii deșeu într-o întreprindere de produse alimentare (Franța)
60. Utilizarea căldurii deșeu pentru încălzirea locuințelor — problemă organizatorică? (Austria)
61. Măsurile de economisire a energiei în Finlanda (Finlanda)
62. Alimentarea cu căldură a unei zone de locuințe prin utilizarea căldurii deșeu de la un combinat chimic (R. D. Germană)
63. Recuperarea căldurii din cuptoarele cu cameră de forjare (U.R.S.S.)
64. Eficiența evaluării economice a utilizării resurselor de energie secundară (U.R.S.S.)
65. Perspectivele de recuperare a căldurii din apa deșeu de temperatură scăzută și din deșeurile solide combustibile menajere (U.R.S.S.)
66. Orientări în recuperarea resurselor de energie secundară în industria siderurgică din țările CEE (secretariatul CEE)

RAPOARTE GENERALE

Secția I. Recuperarea și utilizarea rațională a resurselor termice de energie secundară

1.1. Resurse cu temperatură scăzută (Austria)
1.2. Resurse cu temperatură medie (secretariatul CEE)
1.3. Resurse cu temperatură înaltă (R. P. Ungară)
1.4. Utilizarea în legătură cu electricitatea (Italia)

Secția II. Recuperarea și utilizarea rațională a resurselor combustibile, precum și a altor resurse de energie secundară (U.R.S.S.)

Secția III. Recuperarea și utilizarea rațională a resurselor de energie secundară în industrie și în general

3.1. Analiza producției energetice industriale generale (R.F. Germania)
3.2. Analiză pe sectoare (R. S. România)
3.2.1. Industria chimică (R. S. România)
3.2.2. Industria metalurgică (R. S. Cehoslovacă)
3.2.3. Industria sticlei și a materialelor de construcție (R. D. Germană)
3.2.4. Industria celulozei și a hîrtiei, industria ușoară, industria alimentară și alte ramuri industriale (Finlanda)

Secția IV. Politicile naționale și internaționale (secretariatul CEE)

A Priority Matter

(Condensed from the Paper in Romanian)

Ion S. Antoniu and Călin Mihăileanu *)

Almost six decades have elapsed since Academician Constantin I. Budeanu published his outstanding paper: ,,Puissances réactives et fictives" [1], by means of which he introduced, for the first time in science and technique the notions of distortion power and complementary power and their expressions, as well as the principle of decomposing the apparent power into three orthogonal components. Constantin I. Budeanu himself, as well as his followers and associates have carried on and thoroughly studied the distorting condition and finally elaborated a unitary theory and developed the practice of this electrical power condition, obtaining results of utmost importance, that culminated — up to the present — with the achievement of the PQD-meter, an instrument for measuring the active, reactive and distortion powers and energies, as well as the C-meter an instrument meant to measure the complementary and apparent powers under distorting power condition.

However, the distorting power condition, whose negative impact is ever more felt in electric power systems, is being debated upon even nowadays. This is due to the fact that electrical engineers have ignored it for quite a long time, some of them ,,discovering" it only now. This is the reason why different ,,studies" are still coming out, demonstrating already known facts and/or out of-date aspects.

Some of these authors have contested the physical character itself of such quantities which are so familiar to the power engineer and which raise many a problems in the operation of power systems, as the reactive power.

Two are the approaches that lay at the root of the definitions given to the reactive power in a distorting condition.

The first of these approaches is related to the notion of average energy of the magnetic and electric fields, the reactive power being defined by relation (1) where (2) are the average energies of the magnetic, respectively electric field.

A. Iliovici has proposed the adoption, for the definition of the reactive power under distorting power condition, of relation (4) or (7).

Relations (4) and (7) for defining reactive power in a power distorting condition lack an admissible physical support. As a matter of fact, these reactive power relations are not symmetrical, as compared to the expression of the active power in such a distorting condition (8).

The mere possibility of measuring the quantities expressed by these relations is not a satisfactory argument.

The second approach is owed to C. Budeanu. It is based on the principle of decomposing the apparent power into three orthogonal terms under the form (10).

Relation (12) proposed by C. Budeanu is the one approved by the International Electrotechnical Commission (IEC) in order to represent the reactive power under a distorting power condition. However, up to the adoption of this decision and even later on, it gave rise to many a discussions within the international meetings. The argument against it consisted of the statement of the impossibility of its being measured.

In an electrical network, active and reactive powers, as well as the elementary distortion powers are algebraically conserved: the distortion, complementary and apparent powers are vectorially conserved.

The problem of the distortion phenomena transfer has been demonstrated by C. Budeanu in two papers presented at the Academy of Sciences in Paris [9], [10], its priority having been thus proved.

The problem of nonlinear circuits has been also approached by C. Budeanu in his book [1]. Thus, he studied the case of a mercury rectifer and of an iron core coil.

Therefore, in this problem as well, the priority should be granted to C. Budeanu, who, even from the beginning of his studies on the distorting power condition, dealt with this matter.

In a theoretical and experimental study, it was shown that the measurement of the reactive power by means of wattmeters modified according to the indications given by A. Iliovici gives errors that could reach wholly unacceptable values. Values of 30% were found out. Similar values were found at the measurement of active powers as well. Consequently, the conventional measuring instruments cannot be used in a distorting power condition. With respect to the distortion power, there were not available measuring instruments to measure this quantity.

As a result of continuous research efforts, one of the authors succeeded — in close co-operation with his associates — to establish at first an electronic model; later on, he built a measuring instrument, called PQD-meter which is able to measure the active, reactive and distortion powers and energies under a distorting power condition. The instrument mainly consisted of a hybrid specialized electronic computer that is made up of two main parts:

a) an element which computes the active and reactive powers based on the spectral analysis of voltage and current waves, and

b) an element which computes the distortion power, given by the approximate relation (15): $D = UI_d + UI_d$, where U and I are the effective values of voltage and current waves, and U_d and I_d are the distortion residues of the same waves.

This instrument was patented in several countries*) and was rewarded with the gold metal at the ,,Exhibition for Inventions and New Products" at Nürnberg (FRG) of 8—16 November 1966, and was presented at the MESUCORA Congress hold in Paris in 1943. An experimental prototype of this instrument was manufactured within the laboratories of the Polytechnical Institute of Bucharest. Later on, on the basis of the same patent, an industrial prototype of a D-meter was accomplished within the laboratories of the Energy Research and Modernising Institute (ICEMENERG), an instrument for measuring the distortion power D. The prototype was used for measurements in various industrial enterprises, with really satisfactory resuïts,

In ICEMENERG the industrial prototype of the C-meter**, an instrument for measuring the apparent power S, the active power P and the complementary power C was also manufactured.

Therefore, we consider the problem of power measurement (active, reactive and distortion) under a distorting power condition, as being settled up. It only remains that the measuring instruments — PQD-meters and C-meters — be manufactured by an industrial enterprise in the electrical and electronical measuring instruments industry.

The power factor under a distorting power condition is defined similarly as under a sinusoidal power condition, therefore by (17).

C. Budeanu defined the reactive factor and the distortion factor in a distorting condition, emphasizing that, under a distorting condition the power factor is made up of the product of two factors, a displacement factor, and a harmonics factor or distortion factor (18),

The complementary power, deducted by means of a vectorial computation, was defined by C. Budeanu as being the ,,geometrical difference between the apparent power and the real power" (19),

The complementary power is that which should be cancelled or minimized if we wish to increase the power factor.

*) Ion S. Antoniu, Ph. D. is a Corresponding Member of the Academy of the Socialist Republic of Romania; Călin Mihăileanu, D. Sc. is Senior Scientific Researcher at ICEMENERG

*) Romanian invention patent 60753

**) Romanian invention patent 77456

Therefore, the problem of power factor improvement consists in minimizing the complementary power rather than the active power.

In his article [12], E. Pillet would like to make supplementary remarks with respect to G. Darrieus' study, published in RGE [13] in which he presented his theories concerning the reactive power. Consequently, the author showed that ,,he had drawn up a proposal of a simple definition that lacked ambiguity" for the ,,reactive power" that kept the s i n e q u a n o n distinction between the r e a c t i v e power and the d i s t o r t i o n power (the underlinings belong to E. Pillet).

From the very beginning, we should like to mention that the generalization of the notion of reactive power cannot be brought into discussion. Indeed, the reactive power is a physical entity that may appear in an a.c. power system, no matter of its being sinusoidal or distorting, singlephase or threephase and, for this last case, balanced or not balanced, We may speak of the ,,relation" by means of which this physical quantity is expressed, differing in the case of a sinusoidal and a distorting power condition.

G. Darrieus considered that the reactive power was not a fundamental physical quantity. The real fundamental notion proposed by him, would be relation [21], which is equal to the double of the difference between the average magnetic energy W_m and the average electrical energy W_e.

Relation (21) is, as a matter of fact, reduced to the ratio between the reactive power and the pulsation. This notion being simply proportional (a proportionality coefficient = 2) with the difference $W_m - W_e = A$ between the mean electromagnetic and electrostatic energies, gives no information on the way these energies are varying and, consequenty neither on the instantaneous powers involved. The reactive power has to define exactly what $A = W_m - W_e$ does not define, that is the powers involved by the oscillations of these electromagnetic and electrostatic energies,

G. Darrieus' proposal gave rise to many discussions and objections, particularly on behalf of C. Budeanu, debated upon within several international meetings. Among them, we shall bring up only some of the more important ones.

Although the notion of *action* has got a great importance, this notion by itself is unable to completely characterize the reactive phenomenon, as it is involved in electrical engineering.

It is true that $(\tau - U_{med}) = W_m - W_e$ is an invariant form in an electrical system; however, not always an invariant is able to characterize a certain particular physical aspect. Thus, for instance, the same amount of energy represents an invariant as compared to the infinity of power conditions that bring about the displacement of this energy. Nevertheless, nobody else has tried to give up the power quantity and to limit only to the energy quantity.

Two networks operating with various pulsations may yield the same electromagnetic or electrostatic energy and yet, in the two networks, just because of the pulsation differences and in order to maintain the oscillation of these energies, instantaneous powers of different values are involved, defined by different reactive powers.

Although the average electromagnetic and electrostatic energies — and therefore the relation proposed by G. Darrieus — is the same, the two networks are in totally different conditions due to the fact that they are characterized by different reactive powers both from a theoretical and a practical point of view.

Therefore, the notion proposed by G. Darrieus, however fundamental might it be, could not be substituted to that of the reactive power which might characterize the oscillating state of electromagnetic and electrostatic energies.

Besides G. Darrieus, in the 70's, other authors have also approached this problem. The matter was regarded both from the point of view of the very definition of the notion and of its physical aspect, as well as from the point of view of improving the power factor.

W. Shepherd and P. Zakikhani [14] consider that the expression of the reactive power under a distorting power condition by means of relation (12) established by Constantin I. Budeanu is based on a ,,fallacy", being the result of an ,,arbitrary mathematical computation" and does not represent ,,a physical quantity", C. Budeanu gave in his paper [1] all the arguments in order to justify the physical nature of the active power defined by relation (12). As a matter of fact, this problem was earlier approached by P. Andronescu as well, [15] to whom C. Budeanu replied with a new series of arguments [16]. It had to be assumed that, as a result of these arguments, as well as of those given by other authors [17], [18], [19], [20] — the physical nature of the reactive power under a distorting condition, expressed by relation (12) is well established,

Coming back to the article [14], we notice that the authors have resorted to certain unusual computation assumptions. Thus, at first, they write the relation of the nonsinusoidal voltage and current under the form (1′), in order to group the harmonics present in both the voltage and current waves (n) and in others that are available only in the voltage wave (m) or in the current one (p). Considering the way the sum is written in, since all of them begin from 1, there follows that harmonics of the same order (at least the fundamental one) may exist in both categories.

When computing the apparent power S, the authors assume that the two waves, the voltage and the current ones, have different periods, T_c for the voltage wave and T_i for the current wave. Nevertheless, this proposal is preposterous, since in practice — therefore from the physical point of view — if an alternating voltage (sinusoidal or not) of a certain period T is applied to a circuit (linear or not), the current taken by the circuit has the same period T.

We consider that the decomposition of the apparent power, as well as the relations (5′), (6′) and (7′) are totally artificial and have not a physical background at all, C. Budeanu's relation (12) being indeed a physical quantity since it is conserved in a network (linear or not) and, nowadays, it can be measured.

W. Shepherd and P. Zakikhani's article brought about a couple of discussions and comments that were published in the same review.

Thus, D. Sharon [21] has proposed another decomposition of the apparent power — different from that of Budeanu's and from that of Shepherd and Zakikhani's. The author has given particular attention to the improvement of the system power factor.

In relations (16″) and (17″), the decomposition into grouped harmonics of the voltage and current was made similarly to that of the previous article, and Q_1 and Q_2 are the expressions of the reactive power (4) and (7) proposed by Iliovici. Considering what has been above mentioned about relations (4) and (7), there follows that the expected minimization is doubtful, since D. Sharon has not taken into account that, both the condensors, as well as the inductances (with saturated iron coil) are distorting network elements of the second category [5] and, consequently the compensation of Q leads to the increase of D; the result can be just the reverse of the desired one (according to relation (17).

The latest paper — referred to by E. Pillet — is the one published by N. L. Kusters and W. J. Moore [25].

The authors propose a decomposition of the apparent power S into active power P and reactive power Q. However, what they call ,,reactive power" is in fact the complementary power C, given by a relation which is identical to (16).

From this ,,reactive power Q", a ,,residual reactive power Q_r" is obtained.

Without denying the practical importance of the authors' proposal, this does not justify leaving away the clear definitions and notions given by C. Budeanu, which enjoy the conservation properties underlined several times in this article, and which Q_l, Q_c, Q_{lr}, Q_{cr} do not possess. In addition, the authors of the article, as well as its commentators seem to have ignored the existence of the measuring instruments accomplished in Romania.

As a conclusion, the purpose of this paper was to demonstrate C. Budeanu's priority on the problem of powers and energies under a distorting power condition. The ignorance of the works in the field, carried out by the Romanian school of electrical engineering, made possible the resumption of the problems from the beginning, so that matters that had been

established many years ago, both from a theoretical point of view as well as from a practical point of view, are again brought into discussion.

Romanian works should give maximum publicity lest useless time should be wasted on the already solved up problems; at the same time, all the efforts should be directed towards the improvement of the performed measuring instruments on the one hand, and towards finding out the ways to reduce the complementary power on the other hand, taking into account its steady increase since the thyristor adjustment and the direct current are ever more used in industry (energetics, chemistry, metallurgy, etc.) and since they are the main causes that lead to the increase of the distorting conditions.

Energetică generală, energetică industrială și economia de energie

O chestiune de prioritate

Prof dr. doc. ing. Ion S. Antoniu și dr. ing. Călin Mihăileanu *)

Introducere

Se împlinesc aproape șase decenii de cînd acad. prof. Constantin I. Budeanu a publicat magistrala sa lucrare „Puissances réactives et fictives" [1] prin care introduce, pentru prima oară în știință și tehnică, noțiunea de putere reactivă într-un regim energetic deformant, noțiunile de putere deformantă și complementară și expresiile lor, precum și principiul separării puterii aparente în trei componente ortogonale. Atît Constantin I. Budeanu, precum și elevii și colaboratorii săi, au continuat și aprofundat studiul regimului deformant, ajungînd la elaborarea unei teorii unitare și o dezvoltare a practicii acestui regim electroenergetic și obținînd rezultate remarcabile, care au culminat cu realizarea PQD-metrului, aparat pentru măsurarea puterilor și energiilor active, reactive și deformante, precum și a C-metrului, aparat pentru măsurarea puterilor complementară și aparentă într-un regim energetic deformant.

Regimul energetic deformant, ale cărui manifestări nocive sînt simțite din ce în ce mai mult în sistemele electroenergetice, este însă și astăzi discutat. Aceasta se datorează faptului că el a fost ignorat multă vreme de electricieni, unii din el „descoperindu-l" abia acum. Din această cauză încă apar „studii" mult depășite astăzi, care exprimă fapte de mult cunoscute sau aspecte perimate.

Alți autori au contestat însuși caracterul fizic al unor mărimi, care sînt atît de familiare inginerului energetician și care îi pun numeroase probleme în exploatarea sistemelor energetice, cum este, de exemplu, puterea reactivă.

În acest sens au apărut în acești șaizeci de ani diferite studii, articole, propuneri, unele din ele fiind combătute la timpul lor de însuși Constantin I. Budeanu și de savanții și tehnicienii care au înțeles rostul acestor mărimi, ca Paul Boucherot, A. Blondel, P. Bunet, Paul Janet, A. Mauduit, A. Fräenkel și alții.

În ultimii zece ani — cînd se pare că a u fost uitate lucruri aparent de mult și definitiv clarificate și ca urmare a unei insuficiente insistențe asupra realizărilor școlii românești de electrotehnică și energetică în literatura științifico-tehnică de largă circulație internațională — se constată apariția cîtorva lucrări care reiau problema de la început, de parcă nimic nu a existat în această privință. Cele mai semnificative dintre acestea vor fi examinate în cadrul lucrării de față.

Totodată considerăm de datoria noastră, să reamintim contribuția esențială în acest domeniu a lui Constantin I. Budeanu și a școlii românești fondată de dînsul, precum și prioritatea pe care acesta o deține, fără posibilitate de tăgadă.

1. Regimul energetic deformant

1.1. Definirea puterii reactive și a puterii deformante

Definirea puterii reactive în regim energetic periodic alternativ sinusoidal nu comportă nici o discuție.

Definirea acestei mărimi în regim energetic deformant este mult mai dificilă și chiar astăzi, după aproape șaizeci de ani, mai există discuții.

Două sînt concepțiile care au stat la baza definițiilor date puterii reactive în regim deformant.

Prima dintre aceste concepții este legată de noțiunea de energie medie a cîmpurilor magnetice și electrice, puterea reactivă fiind definită prin expresia:

$$Q = 2\omega (W_m - W_e) \qquad (1)$$

*) Prof. dr. doc. ing. Ion S. Antoniu este membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România; Dr. ing. Călin Mihăileanu este cercetător științific principal la ICEMENERG

în care:

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2 \quad \text{și} \quad W_e = \frac{1}{2} CU^2. \qquad (2)$$

sînt energiile medii ale cîmpului magnetic, respectiv electric.

Această concepție, care este justă într-un regim energetic sinusoidal, a fost adoptată de mai mulți autori, din două considerente: pentru considerații teoretice și pentru considerații de oportunitate, și anume pentru posibilitatea de măsurare în regim deformant a puterii reactive definite astfel. În cele ce urmează, ne vom limita numai la doi dintre autori, arătînd propunerile lor, precum și consecințele care rezultă în regim energetic deformant.

A. Iliovici a propus să se adopte, pentru precizarea noțiunii de putere reactivă în regim energetic deformant, expresia:

$$Q = -\frac{\omega}{T}\int_0^T \varphi \cdot i \, dt, \qquad (3)$$

în care:

ω și T sînt pulsația și respectiv perioada undei fundamentale a curentului alternativ;

φ — un flux alternativ definit prin relația $e = -\frac{d\varphi}{dt}$, e fiind diferența de potențial la bornele circuitului pentru care se definește puterea reactivă;

i — curentul care străbate circuitul [2].

Utilizînd dezvoltarea în serie Fourier, se găsește că această definiție conduce la:

$$Q_1 = \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{k} U_k I_k \sin \varphi_k = \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{k} Q_k, \qquad (4)$$

în care: $Q_k = U_k I_k \sin \varphi_k$ $(k = 1, 2, \ldots, k, \ldots)$ sînt puterile reactive ale armonicelor de ordinul k.

La un rezultat analog se ajunge cu relația propusă de A. Liénard, și anume:

$$Q = -\frac{\omega}{T}\int_0^T uq \, dt, \qquad (5)$$

în care:

u este valoarea instantanee a tensiunii alternative nesinusoidale de la bornele receptorului la care se definește puterea reactivă;

q — cantitatea de electricitate transmisă prin conductorul respectiv și deci, de un curent alternativ nesinusoidal i, astfel că $dq/dt = i$;

ω — pulsația undei fundamentale;

T — perioada curentului alternativ [3].

Puterea reactivă conform definiției (4) ar putea fi măsurată cu un varmetru electrodinamic al cărui circuit voltmetric ar avea o rezistență neglijabilă în raport cu reactanța inductivă.

A. Iliovici a propus și o altă definiție a puterii reactive prin relația:

$$Q = -\frac{1}{\omega T}\int_0^T i \, de, \qquad (6)$$

în care:

ω și T au aceleași semnificații de mai sus;

i este curentul instantaneu din circuitul respectiv;

e — tensiunea instantanee la borne [4].

Utilizînd descompunerea în serie Fourier a celor două unde — de curent și de tensiune — se obține expresia puterii reactive sub forma:

$$Q_2 = \sum_{k=1}^{n} k U_k I_k \sin \varphi_k = \sum_{k=1}^{n} k Q_k. \qquad (7)$$

Această expresie poate fi măsurată cu un varmetru de inducție a cărui bobină de tensiune are rezistența neglijabilă față de reactanța sa inductivă, ca și în cazul precedent.

Expresiile (4) și (7) de definiție a puterii reactive în regim energetic deformant sînt lipsite de un suport fizic admisibil. Într-adevăr, aceste expresii de putere reactivă nu sînt simetrice în raport cu expresia puterii active într-un asemenea regim energetic:

$$P = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \cos \varphi_k. \qquad (8)$$

De altfel, definițiile sub forma (4) și (7) conduc la unele concluzii inadmisibile. Astfel, fie un regim deformant compus din unda fundamentală și din armonica 3. Dacă, printr-un mijloc de rezonanță (filtru) se suprimă armonica fundamentală — ceea ce este întotdeauna posibil — puterea reactivă în circuit devine:

$$Q_1 = \frac{1}{3} U_3 I_3 \sin \varphi_3, \qquad (9a)$$

sau

$$Q_2 = 3 U_3 I_3 \sin \varphi_3, \qquad (9\,b)$$

ceea ce este în totală contradicție cu relația corectă:

$$Q = U_3 I_3 \sin \varphi_3 \qquad (9)$$

a puterii reactive în regim energetic sinusoidal, regimul deformant considerat devenind — după filtrare — un regim sinusoidal.

Faptul însuși că pot exista două expresii Q_1 și Q_2 pentru a exprima aceeași mărime într-un regim energetic deformant, total diferite între ele, dovedește caracterul convențional arbitrar al acestor definiții.

Simpla posibilitate de a putea măsura aceste expresii nu constituie o justificare suficientă. De altfel, relaţiile (4) şi (7) nu au găsit nici o aplicaţie practică şi s-au dovedit incapabile de a justifica toată gama fenomenelor dintr-un regim energetic deformant.

Să observăm că toate relaţiile indicate mai sus sînt riguros valabile pentru $k = 1$, adică într-un regim energetic sinusoidal.

A doua concepţie se datorează lui C. Budeanu. Ea este bazată pe principiul separării puterii aparente în trei termeni ortogonali, sub forma :

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2. \qquad (10)$$

Se obţine această relaţie pornind de la expresia puterii aparente în regim energetic deformant :

$$S = U\,I, \qquad (11)$$

U şi I fiind valorile efective ale undelor nesinusoidale de tensiune şi curent, adică :

$$U = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} U_k^2} \quad \text{şi} \quad I = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} I_k^2}.$$

Scriind [5],

$$I^2 = \sum_{k=1}^{n} I_k^2 (\cos^2 \varphi_k + \sin^2 \varphi_k) =$$

$$= \sum_{k=1}^{n} I_k^2 \cos^2 \varphi_k + \sum_{k=1}^{n} I_k^2 \sin^2 \varphi_k$$

şi calculînd pătratul relaţiei (11), se obţine :

$$S^2 = \left(\sum_{k=1}^{n} U_k I_k \cos \varphi_k\right)^2 + \left(\sum_{k=1}^{n} U_k I_k \sin \varphi_k\right)^2 +$$

$$+ \sum_{\substack{j,k=1 \\ j \neq k}}^{n,m} U_j^2 I_k^2 + U_k^2 I_j^2 - 2\,U_j U_k I_j I_k \cos(\varphi_j - \varphi_k).$$

În această relaţie :

$$\sum_{k=1}^{n} = U_k I_k \cos \varphi_k = P,$$

este expresia puterii active a sistemului,

$$\sum_{k=1}^{n} U_k I_k \sin \varphi_k = Q \qquad (12)$$

este expresia puterii reactive a sistemului şi

$$\sqrt{\sum_{\substack{j,k=1 \\ j \neq k}}^{n,m} [U_j^2 I_k^2 + U_k^2 I_j^2 - 2 U_j U_k I_j I_k \cos(\varphi_j - \varphi_k)]} = D \qquad (13)$$

este expresia puterii deformante din sistem.

Expresia (12) propusă de C. Budeanu este cea care a fost acceptată de Comisia Electrotehnică Internaţională (CEI) pentru a reprezenta puterea reactivă într-un regim energetic deformant. Dar, pînă la adoptarea acestei decizii, şi chiar după aceea, ea a dat naştere la numeroase discuţii în reuniunile internaţionale. Argumentul cu care era combătută consta din afirmaţia imposibilităţii măsurării ei. Astfel, A. Iliovici arăta : „Mărimea definită de dl. Budeanu probabil nu va putea fi niciodată măsurată direct pentru motivul că, pentru măsurarea puterii reactive trebuie introduse în aparatul de măsură elemente reactive sau capacitive care produc deformaţii".

Vom reveni mai departe asupra problemei măsurării puterii reactive în regim energetic deformant, definită prin relaţia (12) propusă de C. Budeanu.

Am vrea să arătăm că această definiţie a fost acceptată, chiar de la început, de mai mulţi electricieni renumiţi, printre care : J. Steinmetz, Schenkel, E. Durand, J. Fallou, E. Brylinki, Kurt Müller-Lübeck, A. Glaser, H. Curtis, F. Silsbee, F. Cahen, J. Erlach ş.a. (precum şi de cei care au fost citaţi la începutul acestei lucrări). Chiar A. Liénard întrevedea posibilitatea de definire a puterii reactive prin expresia (12).

Prin alte căi, unul dintre autorii lucrării de faţă [6], a regăsit expresia (12) a puterii reactive şi a principiului separării puterii aparente (10).

Într-un prim studiu, s-a pornit fie de la expresia impulsului electric :

$$v = \int_0^t u \, \mathrm{d}t,$$

fie de la expresia cantităţii de electricitate :

$$q = \int_0^t i \, \mathrm{d}t$$

şi s-a calculat puterea reactivă produsă de armonicele de ordinul n sub forma :

$$Q_n = U_n I_n \sin \varphi_n = \frac{\omega_n}{T} \int_0^T v_n \, i_n \, \mathrm{d}t =$$

$$= -\frac{\omega_n}{T} \int_0^T u_n \, q_n \, \mathrm{d}t.$$

Făcînd suma pentru toate armonicele regimului şi definind pulsaţia ω', ca m e d i a p o n d e r a t ă a pulsaţiilor fiecărei armonici* :

$$\omega' = \frac{\sum_1^n \frac{\omega_n}{T} \int_0^T v_n \, i_n \, \mathrm{d}t}{\frac{1}{T} \int_0^T v \, i \, \mathrm{d}t} = \frac{\sum_1^n \frac{\omega_n}{T} \int_0^T u_n \, q_n \, \mathrm{d}t}{\frac{1}{T} \int_0^T u \, q \, \mathrm{d}t}$$

*) Raţionament analog cu acela făcut de C. Budeanu în raportul general prezentat la Sesiunea CIGRE din 1929.

se regăseşte expresia puterii reactive, calculînd relaţiile :

$$Q = \frac{\omega'}{T}\int_0^T v\, i\, \mathrm{d}t = \frac{\omega'}{T}\int_0^T u\, q\, \mathrm{d}t.$$

Într-un alt studiu [7], s-a utilizat calculul vectorial. Stabilind caracterul vectorial al tensiunii şi curentului, dezvoltarea în serie Fourier reprezintă un sistem de transformări liniare, care permit trecerea la un sistem cu n componente vectoriale într-un spaţiu cu n dimensiuni. Ansamblul de funcţiuni ..., sin $k\,\omega\,t$, cos $k\,\omega\,t$, ... constituie o bază ; componentele funcţiilor $u(t)$ şi $i(t)$ în raport cu această bază sînt univoc determinate şi sînt date de coeficienţii lui Fourier.

Baza considerată fiind ortogonală, vectorii reprezentativi ai armonicilor în spaţiul cu n dimensiuni constituie, de asemenea, un sistem ortogonal. Astfel, vectorii de tensiune şi de curent vor fi :

$$\bar{U} = \sum_0^n (\bar{k}_x U_k \cos \alpha_k + \bar{k}_y U_k \sin \alpha_k) \quad (14)$$

$$\bar{I} = \sum_0^n (\bar{k}_x I_k \cos \beta_k + \bar{k}_y I_k \sin \beta_k) \quad (15)$$

$$k = 1, 2, \ldots, \mathrm{n}, \ldots,$$

în care $\bar{k}_x$ şi $\bar{k}_y$ sînt vectorii fundamentali ai acestor axe : condiţia de ortogonalitate se poate scrie :

$$(\bar{k}_m \cdot \bar{l}_n) = \bar{k}_m\, \bar{l}_n = \delta_{mn},\ \delta_{mn} = \begin{cases} 0 \text{ pentru } k \neq 1 \\ 1 \text{ pentru } k = 1 \end{cases}$$

δ_{mn} fiind simbolul lui Kronecker.

Produsul vectorial al relaţiilor (14) şi (15) conduce la expresia puterii complementare :

$$C = \sqrt{Q^2 + D^2}. \quad (16)$$

Aplicînd regulile produsului vectorial vectorilor fundamentali, termenii produsului vectorial al vectorilor (14) şi (15), corespunzînd cuplurilor de armonici de tensiune şi curent de acelaşi ordin, au modulul egal cu puterea reactivă definită conform relaţiei (12).

În sfîrşit, într-o lucrare mai recentă [8], s-a stabilit relaţia (10) a principiului separării puterii aparente în trei termeni ortogonali, stabilită de C. Budeanu, pornind de la ecuaţiile parametrice ale curbelor lui Lissajous şi eliminînd parametrul (ωt) între aceste ecuaţii.

Demonstraţia pe care a dat-o P. Langevin teoremei lui P. Boucherot pentru un regim energetic sinusoidal, a fost generalizată de C. Budeanu pentru un regim energetic deformant. Concluziile acestei demonstraţii (pe care nu o reproducem pentru economia lucrării) sînt :

Într-o reţea electrică, puterile activă şi reactivă, precum şi puterile deformante elementare se conservă algebric ; puterile deformantă, complementară şi aparentă se conservă vectorial.

Problema transferului fenomenelor deformante a fost demonstrată de C. Budeanu în două note pe care le-a prezentat la Academia de Ştiinţe din Paris [9], [10], prioritatea sa fiind astfel dovedită.

Problema circuitelor nelineare a fost, de asemenea, tratată de C. Budeanu în cartea sa [1]. A studiat astfel, cazul unui redresor cu vapori de mercur şi a unei bobine cu miez de fier.

Într-un studiu [11] prezentat la Şcoala Politehnică din Dresda (R.D.G.) s-a arătat cum trebuie făcute calculele, în regim deformant, ale circuitelor cuprinzînd elemente lineare sau nelineare.

Astfel, şi în această direcţie trebuie atribuită prioritate lui C. Budeanu, care s-a ocupat de această problemă încă de la începutul studiilor sale asupra regimului energetic deformant.

1.2. Măsurarea puterilor şi energiilor în regim deformant

Într-un studiu teoretic şi experimental s-a arătat că măsurarea puterii reactive cu ajutorul wattmetrelor modificate conform indicaţiilor date de A. Iliovici, se face cu erori care pot atinge valori neacceptabile, de exemplu 30 %. Erori asemănătoare au fost găsite şi la măsurarea puterilor active. În consecinţă aparatele de măsură clasice nu pot fi utilizate într-un regim energetic deformant. În ceea ce priveşte puterea deformantă, n-au existat aparate de măsură capabile să măsoare această mărime.

După cercetări susţinute, unul dintre autori a reuşit — împreună cu colaboratorii săi — să stabilească, mai întîi un model electronic, apoi să construiască un aparat de măsură, care a fost numit PQD-metru, cu care se pot măsura puterile şi energiile active, reactive şi deformante într-un regim energetic deformant. În principiu, aparatul este un calculator electronic hibrid, specializat, care cuprinde două părţi principale :

a) o parte care calculează puterile activă şi reactivă, bazată pe analiza spectrală a undelor de tensiune şi curent ; şi

b) o parte care calculează puterea deformantă, dată de relaţia aproximativă [15] :

$$D = U I_d + U_d I,$$

în care U şi I sînt valorile efective ale undelor fundamentale de tensiune şi curent, iar U_d şi I_d — reziduurile deformante ale aceloraşi unde.

Acest aparat a fost brevetat în mai multe țări *, a primit o medalie de aur la „Expoziția de invenții și produse noi" de la Nürnberg (R.F.G.) din 8—16 noiembrie 1969 și a fost prezentat la Congresul MESUCORA, ținut la Paris în 1973. Un prototip experimental al acestui aparat a fost realizat în laboratoarele Intitutului Politehnic din București. Ulterior, pe baza aceluiași brevet, a fost realizat în laboratoarele Institutului de Cercetări și Modernizări Energetice din București (ICE ENERG) un prototip industrial de D-metru, aparat pentru măsurarea puterii deformante D. Prototipul a fost utilizat pentru măsurători în diferite întreprinderi industriale, cu rezultate foarte mulțumitoare.

Tot la ICEMENERG s-a construit **) prototipul industrial al C-metrului, aparat care măsoară puterea aparentă S, puterea activă P și puterea complementară C.

Considerăm, deci, problema măsurării puterilor (activă, reactivă și deformantă) într-un regim energetic deformant, rezolvată. Nu rămîne decît ca aparatele de măsură — PQD-metrele și C-metrele — să fie produse la scară industrială de întreprinderile din industria de aparate de măsură electrice și electronice.

2. Compensarea regimului deformant

2.1. Factorul de putere în regim energetic deformant

Factorul de putere este definit în regim energetic deformant în același mod ca și într-un regim energetic sinusoidal, deci:

$$K = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}. \qquad (17)$$

Din relația (17) se vede că și în cazul în care nu există putere reactivă în circuit, $Q = 0$, factorul de putere este mai mic decît 1 din cauza puterii deformante care apare în acest regim. El nu va fi egal cu 1 decît atunci cînd și $D = 0$, ceea ce se întîmplă numai atunci cînd cele două unde, de tensiune și de curent, sînt asemenea și au același defazaj, deci numai în cazul cînd receptorul este o rezistență pură.

C. Budeanu a definit factorul reactiv al regimului:

$$\rho = \frac{Q}{P}$$

și factorul deformant al regimului:

$$\tau = \frac{D}{\sqrt{P^2 + Q^2}}.$$

Punînd:

$$\operatorname{tg} \varphi = \rho \text{ și } \operatorname{tg} \xi = \tau,$$

rezultă:

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\rho^2}} = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}}$$

$$\text{și } \cos \xi = \frac{\sqrt{P^2+Q^2}}{\sqrt{P^2+Q^2+D^2}},$$

de unde rezultă:

$$\cos \varphi \cdot \cos \xi = K, \qquad (18)$$

ceea ce pune în evidență faptul că, în regim deformant factorul de putere se compune din produsul a doi factori, un factor de defazaj și un factor de armonice sau factor de deformare.

2.2. Puterea complementară

Puterea complementară, dedusă utilizînd calculul vectorial, a fost definită de C. Budeanu ca fiind „diferența geometrică dintre puterea aparentă și puterea reală"*):

$$C = \sqrt{S^2 - P^2}. \qquad (19)$$

Într-un regim energetic sinusoidal puterea complementară este egală cu puterea reactivă a regimului. Într-un regim energetic deformant avem:

$$C = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{Q^2 + D^2}. \qquad (20)$$

Puterea complementară este aceea care trebuie anulată sau minimalizată dacă dorim să mărim factorul de putere.

2.3. Mijloace de îmbunătățire a factorului de putere într-un regim energetic deformant

Pentru a mări factorul de putere într-un regim energetic deformant este necesar să se mărească cei doi factori componenți ai expresiei (18).

Mărirea factorului cos φ se obține, de obicei, cu ajutorul condensatoarelor, ceea ce poate duce însă la micșorări importante ale lui cos ξ, întrucît utilizarea condensatoarelor poate mări puterea deformantă.

Problema care se pune deci, pentru îmbunătățirea factorului de putere nu este de a face minimă puterea reactivă a sistemului, ci puterea complementară. Studiul acestei probleme iese din cadrul acestei lucrări. Am vrea să precizăm că C. Budeanu, precum și școala românească de electroenergetică, s-au ocupat de problemă. În principiu soluția se obține prin instalarea

Brevet român de invenție 60753
*** Brevet român de invenție 77459

* C. Budeanu a numit această mărime *putere fictivă*, numele de *putere complementară* a fost adoptat ca urmare a discuțiilor care au avut loc la reuniunea din 20 octombrie 1928 de la Paris a Comitetului de Studii CIGRE pentru îmbunătățirea factorului de putere.

de mari unități de filtre, constituite din baterii de condensatoare și de bobine de inductanță, condensatoarele servind, pe de o parte, pentru compensarea factorului de putere reactiv, iar, pe de altă parte, pentru a constitui cu bobinele de inductanță, filtre. De remarcat că nu se urmărește filtrarea t u t u r o r armonicelor, ci numai a celor mai supărătoare. Dimensionarea și construcția acestor instalații constituite o practică curentă pentru tehnica actuală.

2.4. *Alte încercări de a defini puterea reactivă în regim energetic deformant*

În numărul din mai 1982 al publicației Societății electricienilor, electroniștilor și radioelectricienilor din Franța, cunoscuta Revue Générale d'Electricité, Emile Pillet, fost profesor la Institutul Național Politehnic din Grenoble, publică un articol cu titlul „Asupra generalizării noțiunii de putere reactivă" [12], în care, printre altele, dă unele relații, azi perimate, și altele stabilite încă de acum aproape șaizeci de ani.

În articolul său, E. Pillet ar dori să completeze studiul lui G. Darrieus, publicat în RGE [13], în care prezenta teoriile sale privind puterea reactivă. Drept urmare, autorul arată că „a redactat o propunere de definire simplă și lipsită de ambiguitate" a puterii reactive, „în care se păstrează distincția i n d i s p e n s a b i l ă între puterea r e a c t i v ă și puterea d e f o r m a n t ă (sublinierile aparțin lui E. Pillet).

De la început dorim să observăm că nu poate fi vorba de generalizarea noțiunii de putere reactivă. În adevăr, puterea reactivă este o entitate fizică care poate apărea într-un regim energetic în curent alternativ, indiferent dacă este sinusoidal sau deformant, monofazat sau trifazat și, în acest ultim caz, echilibrat sau nu. Se poate vorbi de „expresia" prin care se exprimă această mărime fizică, a cărei formă este diferită în cazul unui regim energetic sinusoidal sau deformant.

G. Darrieus considera că puterea reactivă nu este o mărime fizică fundamentală. Adevărata noțiune fundamentală, propusă de dînsul, ar fi expresia :

$$\frac{1}{T}\int_0^T \varphi\, i\, dt, \qquad (21)$$

care este egală cu dublul diferenței între energia magnetică medie W_m și energia electrică medie W_e. Aceste opinii și propuneri ale lui G. Darrieus au dat loc la numeroase discuții în reuniunile de specialitate.

Expresia (21) se reduce, de fapt, la raportul dintre puterea reactivă și pulsație, adică :

$$\frac{Q}{\omega} = 2\,(W_m - W_e) = \frac{2}{T}\int_0^T (\tau - U)dt = 2(\tau - U)_{med},$$

conform notațiilor lui Pillet. Această noțiune fiind pur și simplu proporțională (coeficient de proporționalitate $= 2$) cu diferența $W_m - W_e = A$ între energiile medii electromagnetică și electrostatică, nu dă nici o informație asupra modului în care variază aceste energii și în consecință asupra puterilor instantanee puse în joc. Rolul puterii reactive este de a defini tocmai ceea ce $A = W_m - W_e$ nu definește, adică puterile puse în joc de oscilațiile acestor energii electromagnetică și electrostatică.

Propunerea lui G. Darrieus a dat naștere unui mare număr de discuții și obiecții, în special din partea lui C. Budeanu, dezbătute în reuniuni internaționale. Dintre acestea, vom reaminti unele care ni se par mai importante.

Cu toate că noțiunea de „acțiune" are o mare importanță, singură nu este capabilă să caracterizeze complet fenomenul reactiv, în felul în care el intervine în electrotehnică.

Este adevărat că $(\tau - U)_{med} = W_m - W_e$ constituie o formă invariantă într-un sistem electric ; însă nu întotdeauna un invariant este capabil să caracterizeze o anumită manifestare fizică specială. Astfel, de exemplu, o aceeași energie reprezintă un invariant în raport cu o infinitate de regimuri de puteri care provoacă deplasarea acestei energii. Totuși, nimeni altul nu a avut ideea de a suprima mărimea de putere, pentru a se limita numai la aceea de energie.

Toate efectele datorate fenomenelor reactive sînt funcții de $Q = 2\omega\,(W_m - W_e)$ și nu numai de $W_m - W_e$. Este cazul pierderilor pe liniile de transport al energiei electrice, al căderilor de tensiune, al regimului de puteri instantanee, al factorului de putere etc. Factorul 2 ω, din expresia puterii reactive, are o semnificație fizică concretă, reprezentînd pulsația oscilațiilor de energie între cîmpurile magnetice, respectiv electrice, și aparatele corespunzătoare din rețea. Mărimea $W_m - W_e$ poate avea o valoare și în curentul continuu, regim energetic în care lipsește orice fenomen reactiv.

Două rețele lucrînd cu pulsații diferite, pot transmite o aceeași energie medie electromagnetică sau electrostatică și totuși în cele două rețele, tocmai din cauza diferențelor de pulsație și pentru menținerea oscilației acestor energii, intră în joc valori instantanee de puteri diferite și definite de puteri reactive diferite.

Deși energia medie electromagnetică sau electrostatică — și în consecință expresia preconizată de G. Darrieus — este aceeași, cele

două rețele se găsesc în condiții cu totul diferite, prin faptul că ele sînt caracterizate prin puteri reactive diferite și aceasta atît din punct de vedere teoretic, cît și practic.

În sfîrșit, înlocuirea puterii reactive prin $W_m - W_e$ ar comporta o modificare esențială a definiției fizice, ceea ce s-a discutat, însă nu a fost adoptată.

Astfel, noțiunea preconizată de G. Darrieus, oricît de fundamentală ar fi, nu poate să se substituie celei a puterii reactive, care poate să caracterizeze starea de oscilație a energiilor electromagnetice și electrostatice.

În afară de G. Darrieus, în anii '70 și alți autori s-au ocupat de această problemă. Chestiunea a fost privită atît din punctul de vedere al definiției însăși a acestei noțiuni și al sensului fizic al acesteia, cît și din punctul de vedere al îmbunătățirii factorului de putere.

W. Shepherd și P. Zakikhani [14] sînt de părere că exprimarea puterii reactive într-un regim energetic deformant prin relația (12) stabilită de Constantin I. Budeanu este bazată pe un sofism (fallacy), fiind rezultatul unui calcul matematic arbitrar și nu reprezintă o mărime fizică. C. Budeanu a dat în lucrarea sa [1] toate argumentele pentru a justifica natura fizică a puterii reactive definită de relația (12). Această chestiune a fost de altfel ridicată mai de mult și de P. Andronescu [15] căruia i-a răspuns C. Budeanu, aducînd o nouă serie de argumente [16]. Era de prespupus că, în urma acestor argumente, precum și ale altor autori — [17], [18], [19], [20] — natura fizică a puterii reactive în regim deformant, exprimată prin relația (12) este bine stabilită.

Revenind la articolul [14], observăm că autorii fac anumite artificii de calcul neobișnuite. Astfel, în primul rînd, ei scriu expresia tensiunii și a curentului nesinusoidal, sub forma *) :

$$e = \sqrt{2} \sum_{1}^{n} E_n \sin(n\omega t + \alpha_n) + \sqrt{2} \sum_{1}^{m} E_m \sin(m\omega t + \alpha_m), \qquad (1')$$

$$i = \sqrt{2} \sum_{1}^{n} I_n \sin(n\omega t + \alpha_n + \Phi_n) + \sqrt{2} \sum_{1}^{p} I_p \sin(p\omega t + \alpha_p + \Phi_p); \qquad (2')$$

cu intenția de a grupa armonicele din undele de tensiune și curent în unele comune (n) ambelor unde și altele existente doar în cea de tensiune (m), sau doar în cea de curent (p). Așa cum sînt însă scrise sumele, începînd toate de la 1, rezultă că armonice de același ordin (cel puțin fundamentala) pot exista în ambele categorii.

La calculul puterii aparente S, autorii presupun că cele două unde, de tensiune și curent au perioade diferite, T_e pentru unda de tensiune și T_i pentru unda de curent. Această presupunere este însă fantezistă deoarece în practică — deci din punct de vedere fizic — dacă se aplică unui circuit (linear sau nu) o tensiune alternativă (sinusoidală sau nu) de o anumită perioadă T, curentul absorbit de circuit are aceeași perioadă T. În continuare ei afirmă „While P and S both have the dimension of volts multiplied by amperes, they are totally different in character. The average power P has the physical nature of power, whereas S has no physical nature at all, but is a figure of merit representing the energy transfer capability of the load". Ei utilizează totuși această mărime „fără caracter fizic", S, descompunînd-o în trei puteri S_R, S_X și S_D, care nu se identifică nici una cu cele trei componente ale lui Budeanu P, Q și D, denumindu-le după cum urmează :

$$S_R^2 = \sum_{1}^{n} E_n^2 \sum_{1}^{n} I_n^2 \cos^2 \Phi_n \neq P^2, \qquad (5')$$

definită ca puterea aparentă activă;

$$S_X^2 = \sum_{1}^{n} E_n^2 \sum_{1}^{n} I_n^2 \sin^2 \Phi_n, \qquad (6')$$

definită ca adevărata putere aparentă reactivă; și :

$$S_D = \sum_{1}^{n} E_n^2 \sum_{1}^{p} I_p^2 + \sum_{1}^{m} E_m^2 \left(\sum_{1}^{n} I_n^2 + \sum_{1}^{p} I_p^2 \right), \qquad (7')$$

definită ca puterea deformantă (distorsion power). Între aceste expresii și expresia (4') a puterii aparente există relația :

$$S^2 = S_R^2 + S_X^2 + S_D^2. \qquad (8')$$

Considerăm că descompunerea puterii aparente, precum și relațiile (5'), (6') și (7'), sînt total artificiale și nu au nici un substrat fizic, relația (12) a lui C. Budeanu reprezentînd într-adevăr o mărime fizică, ea conservîndu-se într-o rețea (liniară sau nu) și putîndu-se în prezent și măsura.

Menționăm, în încheiere, observația autorilor :

Trebuie notat că, pentru circuite, lineare sau nelineare, cu tensiune sinusoidală, identitatea următoare este adevărată :

$$P = S_R, \; Q = S_X \text{ și } D = S_D. \qquad (17')$$

* Am notat (1'), (1'') ... formulele altor autori pentru a le deosebi de (1), (2), ... cele notate de noi.

Articolul lui W. Shepherd și P. Zakikhani a provocat o serie de discuții și comentarii, care au fost publicate în aceeași revistă.

Astfel, D. Sharon [21] propune o altă descompunere a puterii aparente, diferită și de cea a lui Budeanu și de cea a lui Shepherd și Zakikhani, și anume :

$$S^2 = P^2 + S_Q^2 + S_C^2,$$

în care S și P sînt puterile aparentă și activă, S_Q „puterea reactivă de cvadratură" și S_C „puterea reactivă complementară".

Puterea reactivă de cvadratură este dată de relația :

$$S_Q = U\left(\sum_1^n I_n^2 \sin^2 \Phi_n\right)^{1/2}, \qquad (14'')$$

iar S_C rezultă (compunerea lui S_Q și S_C dă puterea complementară clasică C (16)). Autorul urmărește în special îmbunătățirea factorului de putere al sistemului. În acest scop, calculează capacitatea condensatorului C_{opt}, respectiv a inductanței L_{opt}, ce trebuie montate în paralel la sarcină pentru minimizarea lui S_Q, obținînd expresii de forma :

$$C_{opt} = \frac{-1}{\omega} \frac{Q_2}{\sum_1^n n^2 U_n^2 + \sum_1^m m^2 U_m^2} \qquad (16'')$$

$$L_{opt} = \frac{1}{\omega} \frac{\sum_1^n \frac{1}{n^2} U_n^2 + \sum_1^m \frac{1}{m^2} U_m^2}{Q_1} \qquad (17'')$$

descompunerea în armonice grupate a tensiunii și curentului făcîndu-se ca în articolul precedent, iar Q_1 și Q_2 fiind expresiile puterii reactive (4) și (7), propuse de Iliovici. Ținînd seama de cele arătate mai sus în legătură cu relațiile (4) și (7), rezultă că minimizarea sperată este îndoielnică, deoarece D. Sharon nu a ținut seama de faptul că, atît capacitățile, cît și inductanțele (cu fier saturat) sînt aparate deformante de categoria a doua [5] și în consecință compensarea lui Q face să crească D, rezultatul putînd fi chiar contrar celui dorit (conform relației (17)).

D. Sharon recunoaște că expresia (12) propusă de C. Budeanu pentru puterea reactivă Q a fost adoptată în 1929 de către Comitetul CIGRE pentru îmbunătățirea factorului de putere [22] pentru următoarele două motive :

a) proprietatea de conservare a acestei expresii în sistemele lineare ;

b) posibilitatea de descompunere a puterii aparente în trei componente ortogonale (conform relației (10)).

În comentariul său E. Micu [23] arată că, deși nu există consens, relația (12) dată de Budeanu este îndeobște acceptată, deși nu poate fi măsurată cu aparatele de măsură cunoscute ; ceea ce se poate măsura este însă expresia (7) a lui Iliovici, care dă o eroare de maximum 2%, conform unor studii mai vechi [24]. Este surprinzător că E. Micu nu a cunoscut, la data cînd și-a redactat nota, realizarea PQD-metrului, aparat brevetat în țară și în străinătate încă din 1969*.

Cea mai recentă lucrare, la care se referă și E. Pillet, este aceea publicată de N. L. Kusters și W. J. M. Moore [25].

Autorii propun o descompunere a puterii aparente S în putere activă P și putere reactivă Q. Ceea ce ei numesc însă putere reactivă este de fapt puterea complementară C, dată de o relație identică cu (16) :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}.$$

Din această „putere reactivă Q" se defalcă o „putere reactivă reziduală Q_r". În fapt, aceasta revine, luînd unda de tensiune u ca referință, în defalcarea curentului i în :

— o componentă activă i_p, avînd aceeași formă de undă și fază ca și curentul dat de tensiunea u într-o rezistență ohmică ; și

— o componentă reactivă ($i_q = i - i_p$). Componenta reactivă se descompune la rîndul ei într-o componentă reactivă inductivă i_{ql} și o componentă reactivă reziduală inductivă i_{qlr}, sau într-o componentă reactivă capacitivă i_{qc} și o componentă reactivă reziduală capacitivă i_{qcr}.

Deci :

$$\text{fie : } i = i_p + i_{ql} + i_{qlr}, \text{ fie : } i = i_p + i_{qc} + i_{qcr}.$$

Componenta reactivă inductivă i_{ql} (respectiv capacitivă i_{qc}) are aceeași formă de undă și fază ca și curentul dat de tensiunea u într-o inductanță (respectiv condensator).

Componenta reactivă reziduală (i_{qlr}, respectiv i_{qcr}) se obține prin extragerea componentei reactive inductive i_{ql} (respectiv capacitive i_{qc}) din componenta reactivă $i_q = i - i_p$.

În mod corespunzător rezultă relațiile între puteri :

$$S^2 = P^2 + Q_l^2 + Q_{lr}^2, \text{ respectiv}$$

$$S^2 = P^2 + Q_c^2 + Q_{lr}^2.$$

Pe principiul descris mai sus, a fost realizat un aparat de măsură care defalcă curentul și măsoară fiecare componentă de curent și de putere, permițînd, prin montarea în paralel

* Brevetul S.U.A. are numărul 3727132 din 10 aprilie 1973.

asupra sarcinii a unui condensator sau inductanțe variabile, să se determine valoarea necesară a acesteia, pentru obținerea funcționării optime în regimul deformant considerat.

Fără a nega importanța practică a propunerii autorilor, ea nu justifică părăsirea definițiilor și noțiunilor clare date de Budeanu, care se bucură de proprietățile de conservare subliniate în mai multe rînduri în prezentul articol și pe care mărimile Q_l, Q_c, Q_{tr}, Q_{cr} nu le posedă. În plus, autorii articolului, precum și comentatorii lui au ignorat, pare-se, existența aparatelor de măsură realizate în România.

3. Concluzii

Scopul acestei lucrări a fost de a arăta prioritatea lui C. Budeanu în problema puterilor într-un regim energetic deformant. Necunoașterea lucrărilor școlii românești de electrotehnică în această problemă, face ca problemele să fie reluate mereu de la început și să se discute încă azi chestiuni care au fost puse la punct cu mulți ani în urmă, atît din punct de vedere teoretic, cît și din punct de vedere practic .

Este necesar să se facă cît mai larg cunoscute lucrările românești, pentru a se evita pierderea de timp inutilă cu chestiuni rezolvate și pentru ca eforturile să fie îndreptate spre perfecționarea aparatelor de măsură realizate, pe de o parte, și pentru găsirea căilor de reducere a puterii complementare, pe de altă parte, avînd în vedere creșterea continuă a acesteia pe măsura utilizării pe scară din ce în ce mai largă a curentului continuu în industrie (energetică, transporturi chimie, metalurgie etc.) și a reglajului cu tiristoare, principalele cauze ale accentuării regimurilor deformante.

Bibliografie

[1] Budeanu, C. I.: *Puissances réactives et fictives*, Editura I.R.E., București, 1927.

[2] Iliovici, A.: *Discussion sur la définition et la mesure de la puissance réactive* (réponse au questionnaire du Comité de la Conférence des grands reseaux pour l'amélioration du facteur de puissance), Paris , 1929, IX, 413.

[3] Lienard, A.: *Puissance réactive en courants non sinusoidaux*. In: Revue Générale de l'Electricité, Paris, 1921, X, 547.

[4] Iliovici, A.: *Definition et mesure de la puissance et de l'énergie réactive* (Communication presentée aux „Journées de discussions" de decembre 1924 à la Société Française des Electriciens). In: Bull. Societé Française des Electriciens, Paris, 1925, V, 931.

[5] Antoniu, I. S.: *Bazele electrotehnicii*, T. II, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1974.

[6] Antoniu, I. S.: *Asupra expresiei puterii reactive în regim deformant*, Comunicările Academiei Române, T. 1, nr. 7, 1950.

[7] Antoniu, I. S., Gafencu, M.: *Une autre manière d'établir les expressions des puissances réactives et deformantes dans un régime énergetique déformant*. In: Revue roumaine des sciences techniques. Serie Electrotechnique et Energetique, T. 20, 1975, p. 35.

[8] Antoniu, I. S., Chiuta, I. N.: *Un nou mod de a demonstra principiul separării puterilor în regim energetic deformant*. Raport prezentat la Conferința Națională de Electrotehnică și Electroenergetică, Timișoara, 17–18 septembrie 1982.

[9] Budeanu, C.: *Sur le fonctionnement d'un appareil déformant*, C. R. Acad. Sci., Paris, séance du 26.12.1931.

[10] Budeanu, C.: *Sur la probabilité des mouvements électroniques de conduction*, C. R. Acad. Sci., Paris, séance du 17.03.1947.

[11] Antoniu, I. S.: *Der verfermende Betriebszustand der energetischen Systeme und die betreffenden Folgen*. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Elektrotechnik, nr. 9, S. 1–17, Leipzig, 1967.

[12] Pillet, E.: *Sur la généralisation de la notion de puissance réactive*. In: Revue Générale d'Electricité, nr. 5 mai, 1982, p. 317–323.

[13] Darrieus, G.: *Puissance réactive et action*. In: Revue Générale d'Electricité, T. 79, nr. 9, 1970, p. 701–707.

[14] Shepherd, W. și Zakikhani, P.: *Suggested Definition of Reactive Power for Non-Sinusoidal Systems*. In: Proc. IEE, vol. 119, nr. 9, September 1972, p. 1361–1362.

[15] Andronescu P.: *O contribuție la problema puterilor reală, reactivă, deformantă și aparentă*. In: Buletinul IRE, anul VII, nr. 2, București, 1939.

[16] Budeanu, C.: *Notă asupra articolului „O contribuție la problema puterilor reală, reactivă, deformantă și aparentă"*. In: Buletinul I.R.E., anul VII, nr. 2, București, 1939.

[17] Curtis, H. L. și Silsbee, F. B.: *Definitions of Power and Related Quantities*. El. Eng., April 1935, p. 394–404 and Discussion by C. BUDEANU.

[18] Blondel, A.: *Les courants altérnatifs*. Edition J. B. Baillère et Fils, Paris, 1933, p. 245.

[19] Mauduit, A., *Machines électriques*, T. II, Dunod, Paris, 1933, p. 1575 și 1657.

[20] Fraenkel, A.: *Theorie der Wechselstrome*, III. Verlag, ed. J. Springer, Berlin, 1930, p. 85–87.

[21] Sharon, D.: *Réactive Power Definition and Power – Factor Improvement in Non-Linear Systems*. In: Proc. I.E.E., vol. 120, nr. 6, June, 1973, p. 704–706.

[22] * * * – *Rapport et discussion sur la puissance réactive*, CIGRE, Paris, 1929, T. III, p. 117–218.

[23] Micu, E.: *Suggested Definition of Reactive Power for Non-Sinusoidal Systems*. In: Proc. I.E.E., vol. 120, nr. 7, July, 1973, p. 796–797.

[24] Antoniu, I. S.: *Chestiuni speciale de electrotehnică*. Ed. Academiei R.P.R., București, 1956, p. 260.

[25] Kusters, N. L. și Moore, W. J. M.: *On the Definition of Reactive Power under Non-Sinusoidal Conditions*. In: IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS 99, nr. 5, sept/oct., 1980.

(Primit la 27 decembrie 1983, acceptat la 30 decembrie 1983)

Dispozitive şi instalaţii de comandă, menţinere în funcţiune şi optimizare a unor procese ale sistemelor de acţionare cu motoare sincrone

I. Dispozitive şi instalaţia SINCROOPT I

Ing. Gh. Ijac, ing. Gh. Cepoiu, dr. ing. N.V. Boţan, dr. ing. M. P. Diaconescu, ing. Gh. Savitescu, dr. ing. H. V. Zărnescu, dr. ing. C. Mihăileanu, dr. ing. D. M. Potlog*)

Generalităţi

Anumite procese tehnologice industriale prezintă exigenţe deosebite în ceea ce priveşte continuitatea lor în funcţionare. La aceste procese, întreruperile neprevăzute în funcţionare pot duce la deteriorări de utilaje, însoţite de pierderi de materii prime şi energie. Din această categorie fac parte şi unele procese tehnologice din industria chimică [17].

Intreruperile neprevăzute se produc adesea din cauza unor perturbaţii trecătoare de scurtă durată. Exemple de astfel de perturbaţii sînt golurile, adică variaţiile şi întreruperile scurte de tensiune, care afectează mai multe receptoare ale unui consumator, sau chiar mai mulţi consumatori [1, 14, 17].

Combaterea pierderilor cauzate de perturbaţiile trecătoare, de scurtă durată, necesită soluţii pentru creşterea stabilităţii de funcţionare a proceselor tehnologice la aceste perturbaţii, inclusiv a acţionărilor cu motoare sincrone componente ale proceselor.

O categorie de soluţii constă în adoptarea sau completarea dispozitivelor şi instalaţiilor de comandă, protecţie şi automatizare cu care sînt echipate acţionările cu motoare sincrone cu dispozitive şi instalaţii care să conducă la menţinerea lor în funcţiune la perturbaţiile menţionate. Noile dispozitive şi instalaţii trebuie să permită acţionărilor utilizarea integrală a rezervelor de stabilitate dinamică, la funcţionare în sincronism [1, 6, 7] şi a posibilităţilor lor de funcţionare, pentru scurtă durată, în regim asincon — fără a depăşi limitele de stabilitate termică şi electrodinamică — la sarcinile cerute de maşinile de lucru [9, 10].

Acolo unde este necesar şi posibil, trecerea la funcţionarea tranzitorie în asincron va fi însoţită de descărcarea automată a sarcinii maşinii de lucru, pe timpul întregului regim tranzitoriu [9, 11].

*) Ing. Gheorghe Ijac şi ing. Gheorghe Cepoiu sînt şef de atelier, respectiv şef de secţie la CIC AZOMUREŞ; dr. ing. Nicolae V. Boţan, dr. ing. Mircea P. Diaconescu şi ing. Gheorghe Savitescu sînt profesor, şef de lucrări, respectiv lector la I.P. „Gh. Asachi" din Iaşi; dr. ing. Horaţiu V. Zărnescu este conferenţiar la Institutul de Învăţămînt Superior din Tg. Mureş; dr. ing. Călin Mihăileanu şi dr. ing. Dumitru M. Potlog sînt cercetători ştiinţifici principali la ICEMENERG.

1. Dispozitive de comandă şi protecţie [2, 14, 15]

Dintre dispozitivele de comandă şi protecţie care satisfac cerinţele de mai sus, se prezintă cîteva cu funcţionare în regim de releu.

1.1. Traductor de tensiune alternativă (fig. 1 a) [3, 14, 15].

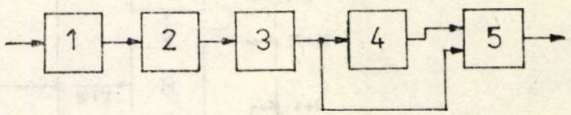


Fig. 1 a. Schema bloc a traductorului de tensiune alternativă : 1 — sistem de măsură ; 2,5 — amplificatoare ; 3, 4 — circuite monostabile.

1.2. Traductor de tensiune de excitaţie (fig. 1 b) [14, 15].

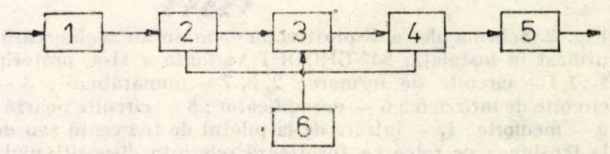


Fig. 1 b. Schema bloc a traductorului de tensiune de excitaţie : 1 — filtre ; 2 — modulator ; 3 — comparator ; 4 — amplificator cu separare galvanică ; 5 — amplificator de ieşire ; 6 — sursă de tensiune proprie cu separare galvanică.

1.3. Dispozitiv de măsurare a alunecării (fig. 2) [4, 15]

Dispozitivul compară frecvenţa semnalelor de la intrarea I_2 cu cea de referinţă, de la intrarea I_1.

1.4. Aparat de măsurare a unghiului electric intern (de sarcină) (fig. 3) [5, 14, 15]

Aparatul utilizat ca releu, compară, cu ajutorul frecvenţei primite la intrarea I_1, defazarea semnalelor de la intrarea I_3 faţă de a celor primite la I_2.

Semnalele furnizate de traductoarele de alunecare şi unghi la ieşirile S şi θ se utilizează de nişte relee intermediare pentru formarea impulsurilor de comandă, protecţie sau semnalizare sau direct în scheme logice mai complexe, de prelucrare a acestora.

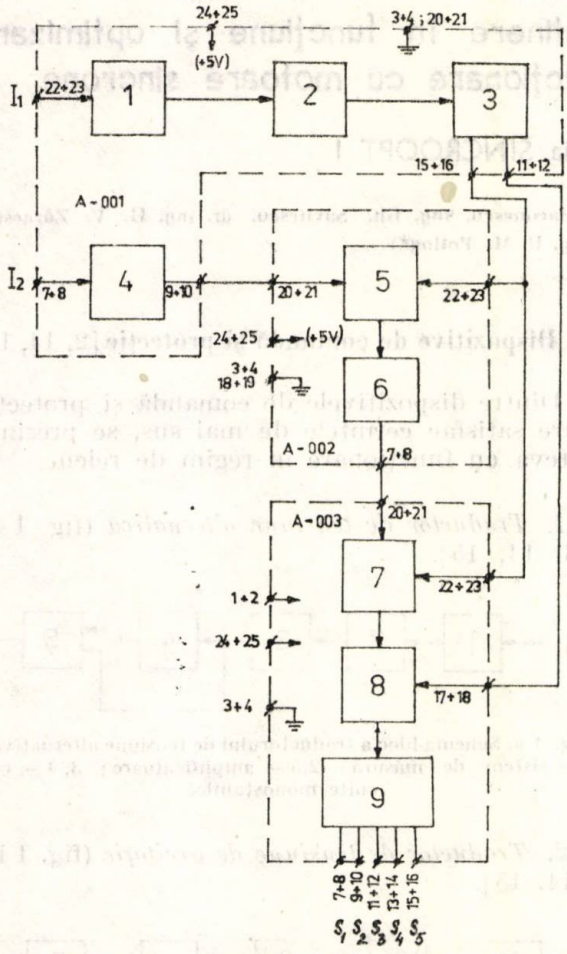


Fig. 2. Schema bloc a dispozitivului de măsurare a alunecării, utilizat în instalaţia SINCROOPT varianta a II-a, prototip 1 : 1,4 — circuite de formare ; 2, 5, 7 — numărătoare ; 3 — circuite de întîrziere ; 6 — decodificator ; 8 — circuite poartă ; 9 — memorie ; I_1 — intrare de la pilotul de frecvenţă sau de la tensiunea de reţea ce furnizează referinţa dispozitivului ; I_2 — intrare de la traductorul rotoric ce furnizează semnale cu o frecvenţă proporţională cu turaţia motorului a cărui alunecare se măsoară ; S-ieşirile corespunzătoare diferitelor domenii ale alunecării măsurate sau controlate.

1.5. Dispozitiv de prescriere, în trepte, a curbei de aptitudine (fig. 4) [1, 6]

În [1, 7] se prezintă un dispozitiv perfecţionat de prescriere a curbei de aptitudine, utilizat ca releu de minimă tensiune pentru protecţie şi semnalizare la acţionările cu motoare de curent alternativ. Caracteristicile de lucru ale releului urmăresc mai fidel decît dispozitivul precedent, curbele de aptitudine ale acţionărilor protejate.

1.6. Traductor de frecvenţă (fig. 5) [15]

Toate traductoarele, dispozitivele şi aparatele descrise s-au utilizat în instalaţiile SINCROOPT, dar ele pot fi utilizate şi independent de acestea, ca releee de comandă, protecţie şi semnalizare în sistemele de acţionare sau în reţelele electrice de transport, distribuţie şi utilizare.

2. Dispozitive de supraveghere şi comandă a regimurilor de funcţionare ale acţionărilor cu motoare sincrone [8]

Cu traductoarele şi dispozitivele prezentate, s-au obţinut alte dispozitive, mai complexe, de supraveghere şi comandă a regimurilor de funcţionare specifice motoarelor sincrone.

Asamblate în scheme adecvate, cu ele s-au obţinut dispozitive de sesizare a ieşirii din sincronism sau a desprinderii de sistem a motoarelor şi de comandă a trecerii în asincron sau de deconectare a lor de la reţeaua electrică de alimentare.

Cu aceleaşi traductoare s-au constituit dispozitive de sesizare a condiţiilor de sincronizare sau resincronizare şi de comandă a sincronizării la pornire sau a resincronizării în sarcină, după funcţionări tranzitorii în asincron

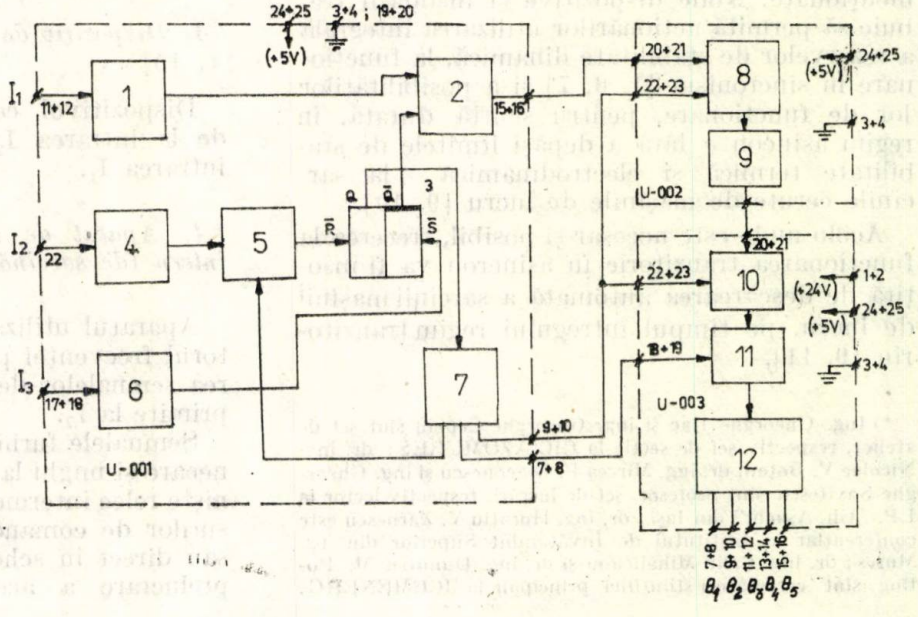


Fig. 3. Schema bloc a aparatului de măsurare a unghiului electric intern, utilizat ca dispozitiv al instalaţiei SINCROOPT varianta a II-a, prototip 1 : 1, 4, 6 — circuite de formare ; 2,5 — circuite SI (poartă) ; 3 — circuit bistabil ; 7 — circuit de întîrziere 8, 10 — numărătoare ; 9 — decodificator ; 11 — circuit poartă ; 12 — memorie ; I_1 — intrare de la un pilot de frecvenţă ; I_2 — intrare de la tensiunea reţelei ; I_3 — intrare de la traductorul rotoric ; Ø — ieşirile corespunzătoare diferitelor domenii de unghi electric măsurat sau controlat.

sau izolat de sistemul electroenergetic de alimentare.

Aceste dispozitive au fost utilizate în toate variantele instalaţiilor SINCROOPT.

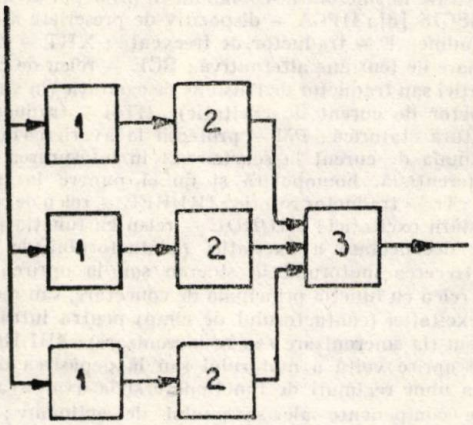


Fig. 4. Schema bloc a dispozitivului de prescriere în trepte a curbei de aptitudine, utilizat în instalaţiile SINCROOPT : 1 — relee sau traductoare de tensiune alternativă [3] ; 2,3 — relee sau circuite statice de temporizare [15].

3. Instalaţii SINCROOPT [9, 10, 11, 14, 15]

Cu dispozitivele menţionate mai înainte şi cu altele de fabricaţie curentă, s-au realizat instalaţii complete de comandă, protecţie, semnalizare şi automatizare, care să îndeplinească, în principal, următoarele funcţiuni :

a — de manevrare curentă de pornire, oprire şi de supraveghere şi protecţie a acţionărilor ;

b — de menţinere în funcţiune la diverse perturbaţii trecătoare, de scurtă durată ca :

— suprasarcini ;
— goluri de tensiune ;
— subtensiune de excitaţie ;
— scăderi bruşte de frecvenţă etc. ;

c — de optimizare a unor procese ale acţionărilor, în scopul ameliorării regimurilor tranzitorii specifice motoarelor sincrone.

Aceste instalaţii, denumite SINCROOPT, au fost realizate în trei variante, după schema de principiu [9] din figura 6.

Structura dispozitivelor DISES şi DISCIS [8], precum şi în general a sistemelor SIM, SEL şi SEEx ale instalaţiei, poate fi modificată după necesităţi, obţinîndu-se diverse subvariante pentru o aceeaşi variantă a instalaţiei.

4. Rezultate de experimentare obţinute cu instalaţia SINCROOPT. Varianta I, model experimental [10, 12, 14, 16]

Instalaţiile SINCROOPT au fost probate în funcţionare, pe o acţionare industrială de putere a unei maşini de lucru centrifugale, la perturbaţiile cele mai uşor de realizat voit, în condiţii de exploatare industrială [16].

Rezultatele experimentale obţinute se prezintă prin intermediul oscilogramelor înregistrate la unele dintre aceste probe ; ele înfăţişează modul de funcţionare a instalaţiei şi comportarea motorului sau sistemului de acţionare comandat.

Cu instalaţia SINCROOPT varianta I [10, 14] s-au efectuat aproximativ 88 probe de funcţionare a ei şi comportare a motorului de acţionare comandat, la care s-au înregistrat 42 de osciloperturbograme şi 64 de oscilograme de funcţionare şi comportare [16].

Dintre acestea în figura 7 se prezintă două exemple de rezultate de menţinere în funcţiune şi optimizare şi anume :

a — Comportarea sistemului de acţionare (a ansamblului motor de acţionare — instalaţie de

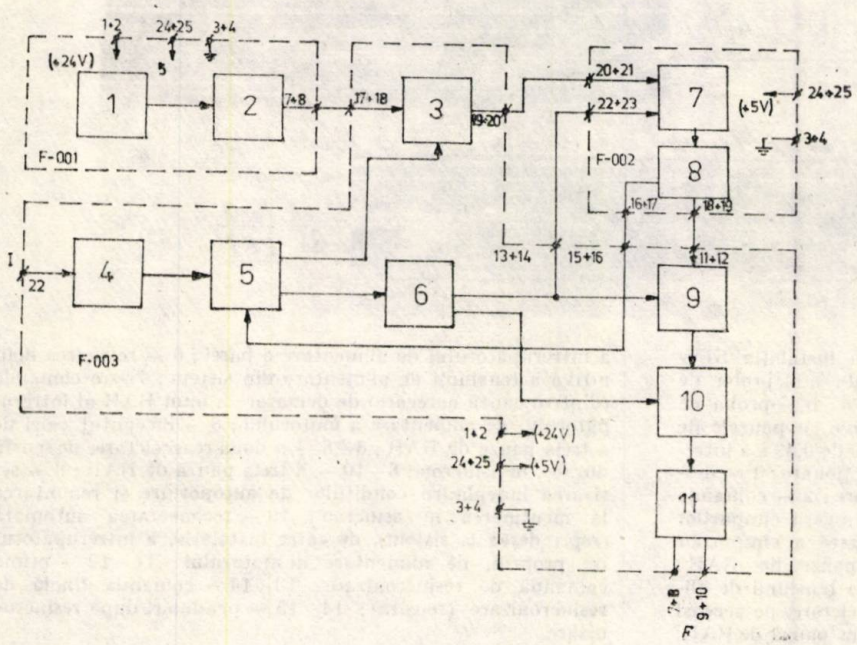


Fig. 5. Schema bloc a traductorului de frecvenţă utilizat în instalaţia SINCROOPT varianta a II-a, prototip 1 : 1 — etalon de frecvenţă ; 2 — circuit de împărţire ; 3, 10 — circuite poartă ; 4 — circuit de formare ; 5, 9 — bistabile ; 6 — circuit de intrare ; 7 — numărător ; 8 — decodificator ; 11 — memorie ; I — intrare de la tensiunea a cărei frecvenţă se controlează ; F — ieşirile corespunzătoare domeniilor de frecvenţă controlată sau măsurată.

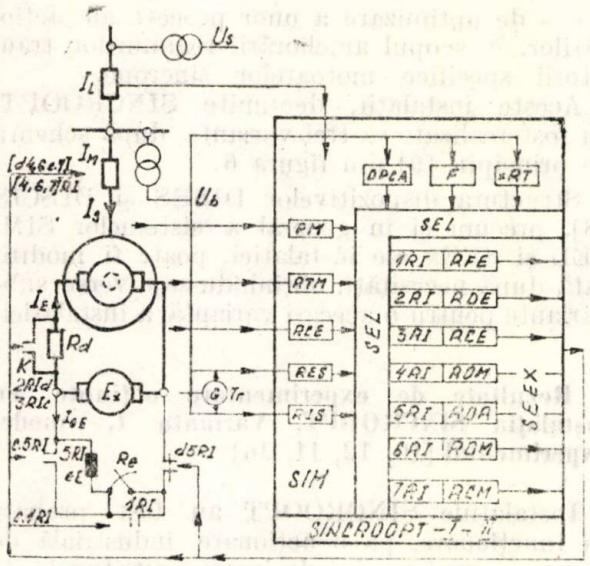


Fig. 6. Schema bloc a instalaţiilor SINCROOPT varianta I — model experimental, varianta a II-a — pototip 1 : SIM — sistem de informaţie şi memorie asupra mărimilor de stare şi regimurilor de funcţionare ale sistemului (reţelei) de alimentare, respectiv a motorului de acţionare ; SEL — sistem de elemente logice de prelucrare a informaţiilor primite de la SIM şi formare a funcţiilor instalaţiei ; SEEx — sistem de elemente de execuţie în conformitate cu funcţiile logice furnizate de SEL ; RES — releu de ieşire din sincronism-comandat în principal de dispozitivul DISES [8] ; RIS — releu de intrare în sincronism-comandat în principal de dispozitivul DISCIS [8] ; DPCA — dispozitiv de prescriere a curbei de aptitudine ; F — traductor de frecvenţă ; XRT — diverse traductoare de tensiune alternativă ; RCE — releu de control al excitaţiei sau traductor de tensiune de excitaţie (în varianta I, traductor de curent de excitaţie) ; RTM — traductor de temperatură statorică ; PM — protecţii la avarierea motorului-maximală de curent la scurtcircuit în înfăşurarea statorică, diferenţială, homopolară şi dublă punere la pământ rotorică ; Tr — traductor rotoric ; IRI/RFE — releu de comandă a forţării excitaţiei ; 2RI/RDE — releu cu funcţia principală de deconectare a excitaţiei (contactorului de cîmp) pentru trecerea motorului în sincron sau la oprire ; 3RI/RCE — releu cu funcţia principală de conectare, sau reconectare a excitaţiei (contactorului de cîmp) pentru intrarea în sincronism (la sincronizare sau resincronizare) ; 4RI/ROM — releu de oprire voită a motorului sau la depăşirea duratei admise a unor regimuri de funcţionare şi la avarierea unor elemente componente ale sistemului de acţionare ; 5RI/RDR — releu de comandă a stingerii cîmpului polar sau de dezexcitare rapidă ; 6RI/RDM — releu de comandă a deconectării temporare a motorului de la reţea ; 7RI/RCM — releu de conectare sau reconectare a motorului la (reţea reprinderea la sistem).

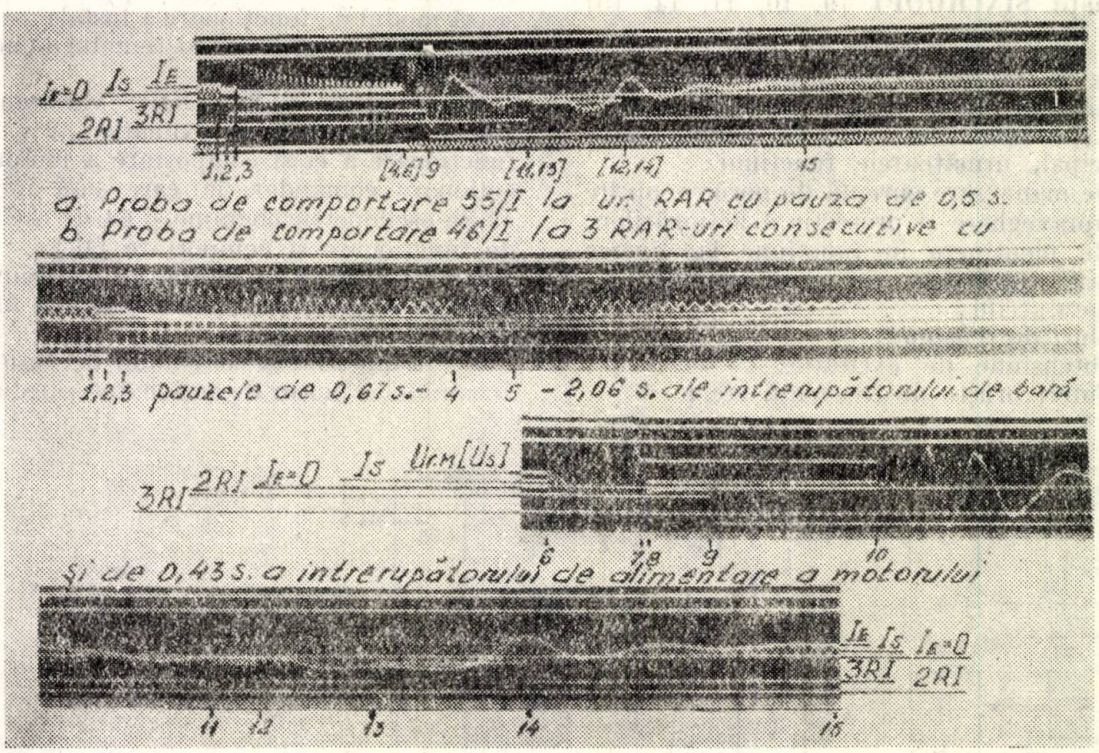


Fig. 7. Exemple de rezultate obţinute cu instalaţia SINCROOPT varianta I, model experimental : a — proba de comportare 55/I la RAR cu pauza de 0,5 s ; b — proba de comportare 46/I la trei RAR-uri consecutive cu pauzele de 0,67 s şi 2,06 s ale întrerupătorului de bare şi de 0,43 s a întrerupătorului de alimentare a motorului de acţionare ; 1 — desprinderea de sistem a motorului de acţionare ; 2 — comanda trecerii şi a menţinerii în asincron şi a stingerii cîmpurilor polare ; 3 — începutul procesului de stingere a cîmpurilor polare remanente ; 4 — sfîrşitul primei pauze de RAR ; 4 la 5 — revenirea, pentru scurtă durată, a tensiunii de alimentare din sistem şi în consecinţă o reaccelerare, pe aceeaşi durată, în asincron ; 5—6 — cea de a doua pauză de RAR, a întrerupătorului de alimentare a barei ; 6 — revenirea definitivă a tensiunii de alimentare din sistem ; 7 — o comandă (dintr-o cauză oarecare) de demarare a unui RAR al întrerupătorului de alimentare a motorului ; 8 — începutul celei de a treia pauze de RAR ; 6—8 — a doua reaccelerare, de scurtă durată, în asincron ; 8—10 — a treia pauză de RAR ; 9 — sesizarea îndeplinirii condiţiilor de autopornire şi renunţarea la menţinerea în asincron ; 10 — reconectarea automată (reprinderea la sistem), de către instalaţie, a întrerupătorului propriu, de alimentare al motorului ; 11—12 — prima comandă de resincronizare ; 13—14 — comanda finală de resincronizare (reuşită) ; 14—15 — pendulări după resincronizare.

comandă și optimizare) la un gol de tensiune realizat printr-un RAR cu pauze de 0,5 s.

b — Comportarea sistemului de acționare la o perturbație mai complexă în alimentare, realizată prin :

— două RAR-uri consecutive ale întrerupătorului de alimentare a barei la care este racordat motorul de acționare, cu pauzele de 0,67 s, respectiv 2,06 s, separate de o revenire a tensiunii din sistem pe o durată de 0,12 s ;

— un RAR al întrerupătorului propriu de alimentare a motorului de acționare, cu pauze de 0,43 s, ce a avut loc la 0,19 s după restabilirea definitivă a tensiunii din sistem.

Mărimile electrice înregistrate pe oscilograme sînt :

U_s — tensiunea de alimentare a motorului (tensiunea din sistem), care pe timpul pauzei acesteia devine tensiunea remanentă statorică a motorului ;

I_s — curentul statoric al motorului,

I_E — curentul de excitație (în regim sincron), respectiv curentul rotoric (în regim asincron) al motorului de acționare.

Celelalte înregistrări sînt contactele releelor 2 RI, 3 RI și 6 RI ale instalației.

În exemplul b durata totală a perturbației la care a fost supus sistemul de acționare a fost de 3,47 s. Au urmat : o reaccelerare în asincron pe o durată de 0,72 s ; două comenzi succesive de resincronizare (din care a doua reușită) în sarcină, efectuate într-o durată de 0,6 s și în final cîteva pendulări amortizate pe o durată de 0,86 s. Aceste ultime trei regimuri au însumat 2,18 s. Durata totală a regimului tranzitoriu a fost de 5,65 s.

În exemplul „a" unele operații lipsesc, nefiind necesare, deoarece perturbația a fost mai simplă decît în exemplul „b".

5. Considerații de execuție și fiabilitate

Instalația SINCROOPT varianta I se află în fază de model experimental, cu componente electronice neprofesionale și cu module UNILOG, de fiabilitate necorespunzătoare unei utilizări industriale. De aceea instalația nu a fost lăsată în funcțiune și nici nu a fost propusă pentru omologare. Ea a confirmat însă procedeul care a stat la baza concepției sale și în consecință s-a propus aplicarea metodei la tipurile de acționări pe care a fost experimentată — a unor mașini de lucru cu caracteristică mecanică centrifugală.

De asemenea, pe baza rezultatelor obținute cu modelul experimental s-a executat și experimentat o altă variantă a instalației de fiabilitate corespunzătoare, ce va fi prezentată în partea a doua a articolului.

NOTĂ : Prezentul articol a fost redactat după : Boțan, N. V., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Balaban, E., Huțanu, C., Cepoiu, Gh., Dudici, M. R., Goldner, W., Ijac, Gh., Mihăileanu, C. Potlog, D. M., Rugină, V., Zărnescu, H. V., Vulcu, I. „Vorrichtungen und Anlagen für die Steuerung, Betriebsbewahrung und Optimisierung einiger Prozesse der Antriebssysteme mit Synchronmotoren" raport 23/A—3 la „A X-a Conferință Internațională de Energetică Industrială", Budapesta, 19—24 octombrie 1981 și după bibliografia [15].

Bibliografie

[1] Mihăileanu, C., Potlog, D. M. : *Goluri de tensiune în sisteme electroenergetice. Efecte asupra consumatorilor.* E.T., București, 1979.

[2] Diaconescu, M. P. : *Studii privind determinarea principalilor parametri ai sistemelor de acționare electrică.* Teză de doctorat, Institutul Politehnic Iași, 1974.

[3] * * * *Traductor de tensiune alternativă.* Dosar OSIM 79710, brevet 66723.

[4] * * * *Dispozitiv de măsurare a alunecării.* Dosar OSIM 79707, brevet 66184.

[5] * * * *Aparat pentru măsurarea unghiului electric intern.* Dosar OSIM 79709, brevet 66728.

[6] * * * *Procedeu și instalație de utilizare a rezervelor de stabilitate ale acționărilor electrice la variații de tensiune.* Dosar OSIM 72069, brevet 59142.

[7] * * * *Releu electronic de minimă tensiune pentru protecția motoarelor electrice.* Brevet 65358.

[8] * * * *Metodă și dispozitive de supraveghere și comandă ale acționărilor electrice industriale cu motoare sincrone.* Dosar OSIM 89333, brevet 71664.

[9] * * * *Metodă și instalație pentru menținerea în funcțiune a motoarelor sincrone la variații și întreruperi scurte ale tensiunii de alimentare.* Dosar OSIM 61858, brevet 56733.

[10] * * * *Metodă și instalație pentru menținerea în funcțiune a motoarelor sincrone la variații și întreruperi ale tensiunii de alimentare.* Dosar OSIM 88732, brevet 70217.

[11] * * * *Metodă și instalație pentru optimizarea unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone.* Dosar OSIM 91581, brevet 74570.

[12] Cepoiu, Gh., Ijac, Gh., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Zărnescu, H. V., Vulcu, I. : *Rezultate experimentale de menținere în funcțiune a acționărilor industriale cu motoare sincrone la întreruperi de scurtă durată ale tensiunii de alimentare.* Raport la Consfătuirea energeticienilor din principalele întreprinderi din industria chimică, Tîrgu Mureș, martie 1975.

[13] Ijac, Gh., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Vulcu, I., Orza, T., Borenstein, St., Stenka, A. : *Cercetări experimentale privind mărirea stabilității de funcționare și optimizarea unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone* In : Energetica XXVIII, nr. 3/1980.

[14] Boțan, N. V., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Balaban, E., Caba, S. A., Țițariu, I. : *Instalație pentru menținerea în funcțiune a motoarelor sincrone la variații și întreruperi scurte ale tensiunii de alimentare.* Carte tehnică, Institutul Politehnic Iași, 1973.

[15] Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Huțanu, C. și Boțan, N. : *Instalație pentru optimizarea unor procese în sistemele de acționare cu motoare sincrone.* Carte tehnică, Institutul Politehnic Iași, 1977.

[16] Ijac, Gh., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Cepoiu, Gh., Vulcu, I., Orza, T., Stenka, A., Baranyai, L., Deac, Gh. : *Rezultatele unor cercetări experimentale privind posibilitățile de îmbunătățire a stabilității de funcționare a sistemelor de acționare cu motoare sincrone (I).* Raport 1.9/S VI, vol. I., la Sesiunea de comunicări tehnico-științifice, ICEMENERG, București 12—14 iunie 1980.

[17] Mihăileanu, C., Ijac, Gh., Potlog, D. M. : *Combaterea pierderilor produse de efectele golurilor de tensiune.* Raport la simpozionul „Colaborarea tehnolog-energetician" Galați 1976.

(Primit la 14 septembrie 1983, acceptat la 1 octombrie 1983)

The Automatic Planning of Electric Distribution Networks

(Condensed from the Paper in Romanian)

Traian-G. Ionescu, D. Sc. Liana Bilegan, Grad. Math.

General Remarks

Computer planning of an electric medium and low voltage distribution network configuration has been dictated by the necessity to optimize the solutions of these networks which have become lately extremely complex. Network configuration optimization requires minimal updated expenses for the entire network right from the planning stage and this is the optimization criterion observing the imposed security requirements as well.

This problem has been difficult to solve due to the lack of a mathematical model which should have encompassed the entire physical phenomenon and also due to the absence of some relations to be considered as objective function giving the optimum a rigorous mathematical aspect.

The algorithm set up is an euristic one, it has no convergence criteria but only some for the improvement of the solution convergence according to certain parameters (leading to the obtaining of local optimum during every stage of the algorithm) and it has a series of stops which convey messages to the user so that he can make a decision. The user steps in off-line.

The algorithm has helped to set up a calculation program called PARED used for new networks planning as well as for the checking of several variants of operation regimes of already planned or built networks. The calculation program is used for the exhaustive planning of a medium and low voltage distribution network.

1. Calculation Hypotheses

The automatic distribution network planning has successive stages, it is not a direct computation since this is impossible in the given conditions.

The medium voltage distribution network is considered to be placed underground, radial, all distributors having the same unitary section. Its rated voltage is known, given by the planning engineer.

The low voltage network consists of an underground cable designed in a complex 100 p configuration disregarding the real operation environment. The network can operate as a complex 100 p or radially, in which case the unlooping is performed in the minimal current points.

The low voltage network can have a unique section along the entire network, a section recommended due to the fact that in case of damage of a medium voltage distributing cable or of a transformers substation the current circulations are directed differently than during normal operation regime, while a variable sections network could create difficulties. In case of need the program enables the use of up to eight different sections on the network trunks.

The medium and low voltage network cables sections are given by the planning engineer; the calculation algorithm does not intend to obtain such a dimensioning.

The transformer should have the same unitary power, for the operation, in which case there are not needed so many spare transformers in these networks. The rated power at the medium to low voltage transformers is chosen by the planner as well; they are input data for the program.

For a node where a transformer substation can be set up a minimal number of connections is to be designed, so that the substation power can be evacuated; the number is calculated with formula:

$$[n] = \frac{PNT - \beta - 1000}{3U \cos \varphi \, \alpha I_{a\ cab}}$$

where

n is the maximum integer value, immediately superior to the one resulted from calculation;
PNT — is the rated power of the substation transformer, in RVA;
U — the low voltage network rated voltage, in V;
$\cos \varphi$ — the average network power factor;
$I_{a\ cab}$ — the admissible cable current, in A;
α — the transformer loading factor;
β — the transformer overloading factor;

The choice criterion chosen for the optimization solution of a distribution network configuration has been the one of minimal total updated expenses, considering the investments value as well as the annual operation expenses. Thus, the network length, included in the investment costs as well as the energy losses registered in different network solutions which are operation expenses are considered.

2. The Model and the Algorithm

For the design of a supply network in a new housing district or in a given area, a first absolutely necessar stage is to know the area or district building plans which provide following data:

— the location of the blocks of flats and of the social and cultural and public buildings;

— the construction level, i.e. the number of flats in a block;

— the commercial surface of shops and of other social and cultural buildings;

— the space heating and hot household water providing alternatives.

Once the district planning elements known the district networks designer must determine the electric loads for every consumer, considering the in force laws. Afterwards, the nodes are numerated and located.

The algorithm steps are carried out on calculation blocks; they are the following, in their sequence order:

— the initial maximal completion step containing: the initial data block, the medium to low voltage transformer posts number calculation needed for the network, the medium voltage distributors number and the maximum transformers posts number which can be connected to a medium voltage distributor;

— the stop of the optimal location of the transformer posts in the network, so that their testing should be as uniform as possible, in a pre-established range, leading finally to minimal current circulations, their effect being the smallest possible technological current eigenconsumption. In this step the completion of the initial maximal solution is validated;

— the optimal medium voltage network planning step from which the manner of transformer connection to the distributor will results so that minimal lengths for this network are obtained;

— the low voltage network simplification and reduction step, considering the total updated minimal expenses criterion. This step achieved a successive elimination of the weekly connections from the low voltage network under the circumstances of maintaining the solution to the parameters required by the algorithm.

The steps mentioned above cannot be used independently by the consumer, they are applied automatically by the program during the progress of the calculations.

The calculation of the transformers posts number, of the distributing branches and of the maximal posts number on a distributor. The number of transformers is determined by the network load and by the loading factors α and by the overloading factors β admitted for transformers.

Therefore, the following simplifying calculation hypotheses have been considered :

— the load curve for every transformer post is the same and invariable in time ;

— the overload during damage is taken over amlost uniformly by all transformer posts ;

— the transformers rated power is the same for the entire network ;

— the transformer ratio is the same for all transformers.

What regards the transformers number determination, i.e. the transformer posts determination which supply the network, this is performed automatically by the chosen algorithm, thus :

— the power required by all consumers of the area is added up ;

— the value of the unitary power of the posts transformers is read from the initial data ;

— the loading factor value α of the transformer and its overloading factor β is also read ;

— the largest integer number [M] resulting from relation

$$[M] = \frac{\sum_{i=1}^{N} P_i}{\alpha S_{n\,T} \cos\varphi},$$

is determined, where :

M is the number of necessar transformers installed in the network ;

P_i — the power absorbed by the consumer i, in in kW ;

$\cos\varphi$ — the average network power factor ;

$S_{n\,T}$ — the rated power of the used transformer, in kVA ;

α — the loading factor of the transformer given by relation

$$\alpha = \frac{S}{S_{n\,T}}$$

S — being the maximal load which the transformer can carry

N — being the consumers number.

The number NM of medium voltage distributors is determined depending on the transformer post load and on the overload admitted by the transformers in case of damage, so that at the decommissioning of medium voltage distributor the power delivered to the low voltage network should be equal to that of the normal operation regime.

In normal operation regime the power supplied to the network is :

$$S = \alpha S_{n\,T}\, M.$$

If K is the number of the transformer posts connected to a medium voltage distributor, at the docommissioning of a distributor one can say that

$$S = (1 + \beta) S_{n\,T}\, (M - K),$$

where β is the damage overvoltage a post transformer can carry.

From the equality of the two relations for results the K expression :

$$K = M\left(1 - \frac{\alpha}{1+\beta}\right),$$

and the medium voltage distributors number NM results in

$$NM = \frac{M}{K} = \frac{1}{1 - \frac{\alpha}{1+\beta}}$$

As a result, the number of medium voltage distributors does not depend explicitly on the transformer posts rated power and in their number but on the load factor α and on the overloading factor β of the transformer.

The values of α range, usually, between 0.65 and 0.85 the value 0.8 being considered normally. For β the values 0.1 ; 0.2 ; 0.3 are considered, β has usually the value 0.1.

The steady regime calculation. The steady regime cannot be calculated during different steps of the program.

A steady regime calculation means the determination of the nodes voltages values, of the power (currents) insulation and of the losses from the sides of the studied network.

As it is known, the general matricial relation between the currents and voltages of an electric network is

$$[i] = [y]\,[u]$$

For writing these equations the nodal admittances matrix $[y]$ is used which is written easily by the general inspection of the network.

Between the network nodes voltages and powers the matricial link relation is :

$$[p] = [u \cdot i^*]$$

Knowing the network parameters the powers have been considered as imposed calculation values and as solutions searched for the voltages.

The network steady regime was determined by the iterative method Seidel-Gauss, formulated thus :

For a network with N nodes, chosing node 1 as equilibrium node, the calculation of the voltages of the other $(N-1)$ noded corresponds to the solving of an equations system of the shape

$$U_i^{(p)} = \frac{1}{Y_{ii}}\left[\frac{P_i - jQ_i}{U_i^{*(p-1)}} + \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}\, U_j^{(p)} + \right.$$

$$\left. + \sum_{j=i+1}^{N} Y_{ij}\, U_j^{(p-1)}\right];\ i \in \{2,\ N\}$$

where $Y_{ii} = \sum_{j=0}^{N} Y_{ij}$ is the cross term of the nodal matrix $[y]$ and p is the index for the iteration values p.

The condition is that

$|U_i^{(p)} - U_i^{(p-1)}| < \varepsilon$, where ε is the wanted approximation, i.e. the convergence parameter which is considered to be 0.01.

After determining the nodal voltages the side currents are calculated with relation

$$I_{i-j} = Y_{ij}(U_i - U_j).$$

In the case of electric distribution networks it has been considered $Q_i = 0$, $Y_{ij} = \frac{1}{R_{ij}}$ and as initial values for the nodes voltages $(i = 2, \ldots, N)$ the rated respective voltage step.

The optimal location of transformer posts. The transformer posts location algorithm in the network is conceived in a step link using a series of operational networks parameters, at a given stage of the chosen mathematical model and proposes to achieve principially the following :

— the stage of the solution existence checking. At a maximal configuration given for the network, giving a number of transformer posts location possibilities whether it is or not possible to obtain a solution. It is considered a solution when the transformer posts are evenly loaded within the limits of an imposed range between 65 and 68% of the transformr's rated power, which should lead to minimal technological consumptions in the network ;

— the inspection stage of the maximal number of transformer posts location (how many possibilities have been given) establishing direct maximal connections graph between the transformer posts ;

— the loads classification and area dividing stage modelled with graphs and with the minimal load moment ;

— the common nodes choice stage in different possibilities of tree-like location transformer posts ;

— the elimination stage of weakly loaded transformer posts with possibilities of improve and recover to the conditions of the previous stages ;

— the location stage of transformer posts obtained from the analysis of the local optimum solution resulted from the load moments optimization in a radial network operation ;

— the optimization stage itself, of improving the solution by inspecting a number of regimes with the analysis of the technological regimes of the network.

In certain situations it can occur, for instance, that a solution for the transformer posts location which should restrain to the given restriction is not found and then there appear messages for the planner, with the display of the results obtained. The planner will replace the convergence criterion by his experience, conducting the calculations towards a solution as close as possible to the optimum, changing some input data for the respective network.

The medium voltage network planning. The optimal medium voltage network planning supposes the connection of the transformer posts to the distributors, thus that the electricity supply should be provided for all consumers connected to the low voltage network in the case of a distributing cable damage, obtaining minimal energy losses in this network.

At this calculation stage it is considered that the medium to low voltage transformer posts have been located in the network.

The data necessar for the calculation consist of the nodes ist in which the transformer posts are located, given in the previous segment, list of possible connections and lengths between the locations of the transformer posts, considered on the medium voltage side, given by the consumer.

A matrix of the possible links between the transformer posts is extracted, matrix which is thus re-numbered and ordered in a rising order. For every node the average distance of ts connections to the other nodes is established by relation :

$$DM_k = \frac{\sum_{i=1}^{N} l_{ki}}{N_{LK}},$$

where : NM_k — is the average distance of node k to the other nodes it is connected to, in m ;

l_{ki} — is the distance of node k to node i which it is connected to ;

N_{LK} — is the number of connections of node k to other nodes.

The ordered matrix and the average distances is used at establishing the distributors heads and further, at their complete tracing. The distributor cables beginnings will be established in a rising order of the distances between the source and a number of transformer posts how many distributing cables have resulted from the calculation. Once established the nodes representing distributor heads they are traced in turn.

A distributor end node will be connected to the node fulilling the condition to have a greater distance than the calfulated average distance DM_k. This procedure continues until cll transformer posts to be connected to a distributor are daone. The operation is repeated for every distributor.

The algorithm intends to interweave the medium voltage distribution cables so that in the vicinity of a transformer post there should be located other distribution cables, so that when a distributor falls out the neighbouring transformers should overtake the damaged transformers load as even as possible.

After tracing the medium voltage network a regime calculation is performed for normal and for damage situations in order to see the transformer loading manner.

The low voltage network planning. The calculation algorithm for the optimal low voltage network configuration determination is the last calculation stage.

The initial low voltage network given by the planner containing very many connections, representing practically the superposing of as many solutions as possible, must be reduced thus that an optimal technical economic solution should result finally. In this stage the decisions is taken depending on the total updated minimal expenses.

With all elements fixed, a steady regime calculation is performed, according to the algorithm described above after which all network bodies are hierarchized depending on the current flowing through them.

The most weakly loaded codes (from the point of view of the current flow) are then eliminated the checking taking place in normal as well as in damage regimes, in order to see the part of this connection in the network. By eliminating a link in a network the initial low voltage length is reduced but the time losses begin to rise.

The links elimination from the low voltage network stops in the moment when the value of the total updated expenses reaches a minimum.

In order to find out this minimum, one proceeds as follows :

For the low voltage network represented by the maximal links graph results a value for the minimal energy losses. Calculating the total updated expenses for this situation the extreme point of the cost function interval is obtained.

In the low voltage network one link is reduced, a new network length is determined as well as the energy losses in this situation, calculating the new total updated expenses of the network, which are compared to the previous ones. It is proceeded thus step by step until the relation

$$A_{k+1} \geqslant A_k$$

is obtained, this being the solution of the network which corresponds to the total minimal updated expenses. In this moment the calculation stops since it is considered that the solution is optimal from the technical and economic point of view.

Finally the network operation regime is displayed (the low voltage network exposed to the medium voltage network) in normal regime and in different damage regimes.

The program PARED is written in FORTRAN and has a total length of about 200 kO.

The program PARED provides the possibility to display on the printer some messages which signal eventual input data completion errors. According to the errors gravity the messages are of warning or of error.

In the first case the calculations are allowed to be carried out but the solution does not lead to a technical economic optimum and in the second case the calculation stops displaying the reason why.

The consumer is directed by the messages to intervene either in the input data changing or in the supply of new input data.

The PARED calculation program has been tested on several real networks in Bucharest, with very good results.

Proiectarea automată a rețelelor electrice de distribuție

Dr. ing. Traian — G. Ionescu, mat. Liana Bilegan*)

Considerații generale

Proiectarea cu ajutorul calculatorului electronic a configurației unei rețele electrice de distribuție de medie și joasă tensiune a fost dictată de necesitatea optimizării soluțiilor acestor rețele, care au devenit, în prezent, deosebit de complexe. Optimizarea configurației acestor rețele presupune obținerea în faza de proiectare a unor cheltuieli totale actualizate minime, pe ansamblu rețea, care reprezintă, de altfel, criteriul de optimizare, cu îndeplinirea unor criterii de siguranță impuse.

Rezolvarea acestei probleme a fost îngreunată atît de lipsa unui model matematic, care să cuprindă în totalitate fenomenul fizic, cît și de lipsa unor relații, care să se poată constitui ca funcție obiectiv, dînd optimului un aspect riguros matematic.

Algoritmul elaborat este euristic, el neavînd criterii de convergență, ci numai de îmbunătățire a convergenței soluției după anumiți parametri (care conduc la obținerea optimului local în fiecare etapă a algoritmului) și este prevăzut cu o serie de opriri prin care se dau mesaje utilizatorului pentru ca acesta să poată interveni în luarea deciziei. Intervenția utilizatorului se face off-line.

Algoritmul de calcul pornește de la unele premise ce se constituie în datele inițiale privind caracteristicile rețelei ce urmează a fi proiectată, date care constituie o soluție maximală inițială, care, prin pași succesivi ai algoritmului, va fi continuu îmbunătățită și va contura soluția optimă finală.

Pe baza algoritmului elaborat s-a realizat programul de calcul denumit PARED (Proiectarea Automată a Rețelelor Electrice de Distribuție), ce poate fi utilizat atît la proiectarea unor rețele electrice noi, cît și în cazul verificării diverselor variante sau regimuri de funcționare ale rețelelor deja proiectate sau executate. Pentru rețelele cu o configurație simetrică (de exemplu rețelele tip plasă) sau cu foarte multe restricții de execuție (cum ar fi cazul în care posibilitățile de amplasare a posturilor de transformare sînt reduse față de numărul de PT necesar de instalat în rețea) neexistînd posibilitatea efectuării unei optimizări, soluția fiind aproape impusă, programul nu este efi-

*) Dr. ing. Traian-G. Ionescu este cercetător științific pr. gr. II la ICEMENERG, mat. Liana Bilegan este cercetător științific pr. gr. III la același institut.

cient. Programul de calcul elaborat afectează o proiectare de ansamblu a unei rețele electrice de distribuție de medie și joasă tensiune.

1. Ipoteze de calcul

Soluționarea problemei privind proiectarea automată a rețelelor electrice de distribuție se face în etape succesive, o rezolvare directă prin calculator fiind imposibilă în condițiile date; în unele situații impuse de rețea, programul de calcul verifică numai niște soluții date de proiectant, în scopul ușurării calculelor și ajungerii la o soluție îmbunătățită.

Rețeaua de distribuție de medie tensiune se consideră subterană, în soluție radială, toate distribuitoarele avînd o aceeași secțiune unitară. Tensiunea nominală a rețelei de medie tensiune este cunoscută, dată de proiectant.

Rețeaua de joasă tensiune se consideră în cablu subteran și proiectată în configurație strîns (complex) buclată, indiferent de modul în care ea va funcționa în realitate. În exploatare, rețeaua poate funcționa fie în soluție strîns buclată, fie în soluție radială, în care caz, debuclarea ei se face în punctele în care curentul este minim, cu ajutorul unor programe de secționare executate în acest scop. Rețeaua de joasă tensiune poate fi cu secțiune unică pe întreaga rețea, soluție recomandată pe considerentul că în caz de avarie a unui cablu distribuitor de medie tensiune sau ca urmare a căderii unui post de transformare, circulațiile de curent se orientează într-un alt mod decît în regimul normal de funcționare, iar o rețea cu secțiuni variabile ar putea crea dificultăți. În caz de nevoie programul permite însă să se utilizeze pînă la opt secțiuni diferite pe diversele tronsoane ale rețelei.

Secțiunile cablurilor rețelei de medie tensiune și joasă tensiune sînt stabilite de proiectant; algoritmul de calcul nu-și propune să facă o astfel de dimensionare.

Transformatoarele din posturi se iau de aceeași putere unitară, pe considerente de exploatare, de aceea se pot prevedea mai puține transformatoare de rezervă în aceste rețele. Puterea nominală a transformatoarelor de MT/JT se alege tot de către proiectant, constituind date de intrare pentru program.

Se precizează că amplasarea posturilor de transformare se face obligatoriu într-un nod de sarcină, amplasarea acestora făcîndu-se, în prezent, în blocurile de locuințe sau în construcții cu altă destinație și nu în construcții independente.

Pentru un nod în care există posibilitatea de amplasare a unui post de transformare se va prevedea un număr minim de legături pentru a se putea evacua puterea din post, calculat cu formula:

$$[n] = \frac{PNT \cdot \beta \cdot 1000}{3 \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \alpha \cdot I_{a\ cab}},$$

în care:

- n este valoarea maximă întreagă, imediat superioară celei rezultate din calcul;
- PNT — puterea nominală a transformatorului din PT, în kVA;
- U — tensiunea nominală a rețelei de joasă tensiune, în V (în general $U = 231$ V);
- $\cos \varphi$ — factorul de putere mediu al rețelei;
- $I_{a\ cab}$ — curentul admisibil al cablului, în A;
- α — coeficientul de încărcare al transformatorului;
- β — coeficientul de suprasarcină al transformatorului.

Criteriul avut în vedere la optimizarea soluției de alegere a configurației unei rețele electrice de distribuție a fost criteriul cheltuielilor totale actualizate minime, care ține seama atît de valoarea investițiilor, cît și de cheltuielile anuale de exploatare. În acest mod se ia în considerare atît lungimea rețelei, care este înglobată în cheltuielile de investiții, cît și consumurile tehnologice înregistrate în diferite soluții de rețea, care reprezintă cheltuielile de exploatare. În calcule nu se ține seama de consumurile tehnologice din transformatoarele de MT/JT.

2. Descrierea modelului și prezentarea algoritmului

Pentru proiectarea unei rețele electrice de alimentare a unui nou cvartal de locuințe dintr-un oraș sau dintr-o zonă dată, în primul rînd este absolut necesar să se dispună de planurile de sistematizare a zonei sau cvartalului respectiv, din care să se poată extrage următoarele date:

— amplasarea blocurilor de locuințe și a obiectivelor social-culturale și edilitare;

— nivelul de construcție, respectiv numărul de apartamente pe bloc;

— suprafața comercială a magazinelor, numărul de locuri la cinematografe, numărul de paturi de spitale etc., pe baza cărora să se poată determina mărimea acestor dotări social-culturale și edilitare, din punctul de vedere al sarcinilor electrice;

— modul în care este prevăzut să se facă încălzirea stațiilor și prepararea apei calde menajere etc.

Odată elementele de sistematizare cunoscute, proiectantului rețelelor electrice din zonă îi revine sarcina să determine sarcinile electrice pe fiecare consumator, pe baza normativelor în vigoare, care stabilesc un număr de wați pe apartament pentru blocurile de locuințe, iar la celelalte obiective social-culturale și edilitare, sarcinile electrice în funcție de specificul obiectivului considerat (W/m^2, W/loc, W/pat etc.).

După ce sarcinile electrice ale tuturor consumatorilor au fost stabilite, se trece la numerotarea nodurilor și poziționarea lor. Fiecare nod (consumator) va avea indicat legăturile posibile cu alte noduri, dîndu-se pentru fiecare legătură distanțele în metri. Dacă între două noduri i și k, de exemplu, proiectantul nu a indicat o legătură, înseamnă că există o imposibilitate de realizare fizică a unei legături între aceste noduri sau este o distanță mai mare de 250 m cît se consideră economic să se meargă cu o rețea de joasă tensiune și ca atare se consideră restricție în program. Prin acest mod de indicare a distanțelor între consumatori se va putea trasa o rețea electrică care să urmeze niște legături reale între consumatori. Se întocmește apoi o listă cu nodurile din rețea unde există posibilitatea de a se monta posturi de transformare. Prin indicarea locurilor posibile de montare de posturi s-au stabilit indirect restricțiile de amplasament pentru acestea. Este recomandabil ca la indicarea posibilităților de amplasare a posturilor de transformare să se dea un număr cît mai mare de noduri, deoarece soluția cu număr mic de posibilități restrînge optimizarea, uneori soluția devenind unică.

Pentru proiectarea rețelei de medie tensiune va trebui să se indice și distanțele reale între sursa de alimentare din zonă (punctul de alimentare sau stația de transformare) și unele locuri posibile de amplasare a posturilor de transformare, cele mai apropiate de sursă, cît și lungimile reale între amplasamentele posibile ale posturilor de transformare între ele, pe partea de medie tensiune.

Etapele algoritmului se desfășoară în blocuri de calcul, și anume:

— Etapa de definitivare a soluției inițiale maximale care conține: blocul de date inițiale, calculul numărului de posturi de transformare de MT/JT necesar de instalat în rețea, numărul de distribuitoare de medie tensiune și numărul maxim de posturi de transformare ce se poate racorda pe un distribuitor de medie tensiune.

— Etapa de amplasare optimă a posturilor de transformare în rețea astfel încît acestea să fie cît mai uniform încercate, într-o plajă prestabilită, conducînd în final la niște circulații minime de curent, ce au drept efect obținerea unor consumuri proprii tehnologice cît mai mici. În această etapă se validează și eficiența soluției inițiale maximale.

— Etapa de proiectare optimă a rețelei de medie tensiune, din care va rezulta modul de legare a posturilor de transformare pe distribuitoare, astfel încît să se obțină niște lungimi minime pentru această rețea.

— Etapa de simplificare și reducere a rețelei de joasă tensiune, ținînd seama de criteriul cheltuielilor totale actualizate minime. Această etapă realizează eliminarea succesivă a legăturilor slab încărcate din rețeaua de joasă tensiune, în condițiile menținerii soluției la parametrii ceruți de algoritm.

Etapele menționate nu pot fi folosite independent de către utilizator, ele apelîndu-se în mod automat de program, pe măsura desfășurării calculelor.

Calculul numărului de posturi de transformare, de ramuri distribuitoare și al numărului maxim de posturi de pe un distribuitor. Determinarea numărului de transformatoare depinde de sarcina rețelei și de coeficienții de încărcare α și de suprasarcină β, admiși pentru transformatoare.

Pentru aceasta s-au considerat următoarele ipoteze simplificatoare de calcul:

— curba de sarcină pentru fiecare post de transformare este aceeași și invariabilă în timp;

— suprasarcina de avarie este preluată aproape uniform de toate posturile de transformare;

— puterea nominală a transformatoarelor este aceeași pentru întreaga rețea;

— raportul de transformare este același pentru toate transformatoarele.

În ceea ce privește determinarea numărului de transformatoare, respectiv de posturi de transformare care să alimenteze rețeaua, acest lucru se face în mod automat prin algoritmul ales, astfel:

— se însumează puterea cerută de toți consumatorii din zona respectivă;

— se citește din datele inițiale valoarea puterii unitare a transformatoarelor din posturi;

— se citește, de asemenea, valoarea coeficientului de încărcare α al transformatorului și de suprasarcină β al acestuia;

— se determină numărul întreg cel mai mare $[M]$ care rezultă din relația:

$$[M] = \frac{\sum_{i=1}^{N} P_i}{\alpha \cdot S_{nT} \cos \varphi},$$

în care:

M este numărul de transformatoare necesar de instalat în rețea;

P_i — puterea absorbită de consumatorul i, în kW;

$\cos\varphi$ — factorul de putere mediu al rețelei;

S_{nT} — puterea nominală a transformatorului utilizat, în kVA;

α — coeficientul de încărcare al transformatorului dat de relația:

$$\alpha = \frac{S}{S_{nT}},$$

S fiind sarcina maximă la care se poate încărca transformatorul;

N — numărul de consumatori.

Numărul NM al distribuitoarelor de medie tensiune se determină în funcție de sarcina postului de transformare și de suprasarcina admisă de transformator în caz de avarie, astfel încît la ieșirea din funcțiune a unui distribuitor de medie tensiune puterea livrată rețelei de joasă tensiune să fie egală cu cea din regimul normal de funcționare.

În regim normal de funcționare, puterea furnizată rețelei este:

$$S = \alpha S_{nT} M.$$

Dacă K este numărul posturilor de transformare racordate la un distribuitor de medie tensiune, la ieșirea din funcțiune a unui distribuitor se poate scrie:

$$S = (1 + \beta) S_{nT} (M - K),$$

în care β este suprasarcina în caz de avarie pe care o poate suporta transformatorul din post.

Din egalitatea celor două relații rezultă pentru K expresia:

$$K = M\left(1 - \frac{\alpha}{1+\beta}\right),$$

iar numărul de distribuitoare de medie tensiune NM rezultă:

$$NM = \frac{M}{K} = \frac{1}{1 - \frac{\alpha}{1+\beta}}.$$

Prin urmare, numărul de distribuitoare de medie tensiune nu depinde explicit de puterea nominală a posturilor de transformare și de numărul acestora, ci de coeficientul de încărcare α și de coeficientul de suprasarcină β al transformatorului.

Valorile lui α sînt cuprinse, de regulă, între 0,65 și 0,85, luîndu-se obișnuit valoarea 0,8. Pentru β se consideră valorile 0,1; 0,2; 0,3. În mod obișnuit se consideră pentru β valoarea de 0,1.

Calculul regimului staționar. În cursul diferitelor etape ale programului este necesar să se efectueze niște calcule de regim staționar.

Efectuarea unui calcul de regim staționar înseamnă determinarea valorilor tensiunilor nodurilor, a circulațiilor de puteri (curenți) și a pierderilor din laturile rețelei studiate.

După cum este cunoscut, relația matricială generală între curenții și tensiunile unei rețele electrice este:

$$[i] = [y][u].$$

Pentru scrierea acestor ecuații se utilizează matricea nodală de admitanțe $[y]$, care se scrie ușor, prin inspecția generală a rețelei.

Între tensiunile și puterile din nodurile rețelei, relația matricială de legătură este:

$$[p] = [u \cdot i^*].$$

Cunoscîndu-se parametrii rețelei s-au considerat ca mărimi de calcul impuse puterile, iar ca soluții căutate tensiunile.

Pentru determinarea regimului staționar al rețelei s-a folosit metoda iterativă Seidel-Gauss, care se formulează astfel:

Pentru o rețea cu N noduri alegînd nodul 1 ca nod de echilibru calculul tensiunilor celorlalte $(N-1)$ noduri corespunde rezolvării unui sistem de ecuații, de forma:

$$U_i^{(p)} = \frac{1}{Y_{ii}}\left[\frac{P_i - jQ_i}{U_i^{*(p-1)}} + \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}\, U_j^{(p)} + \right.$$

$$\left. + \sum_{j=i+1}^{N} Y_{ij}\, U_j^{(p-1)}\right]; \quad i\{2, \in N\},$$

unde: $Y_{ii} = \sum_{j=0}^{N} Y_{ij}$ este termenul diagonal al matricei nodale $[y]$, iar p este un indice afectat mărimilor de la iterația p.

S-a pus condiția ca:

$|U_i^{(p)} - U_i^{(p-1)}| \leqslant \varepsilon$, unde ε este aproximația dorită, respectiv parametrul de convergență, care se ia de 0,01.

După determinarea tensiunilor nodale se calculează curenții din laturi cu relația:

$$I_{ij} = Y_{ij}(U_i - U_j).$$

În cazul rețelelor electrice de distribuție s-a considerat $\theta_i = 0$, $Y_{ij} = \frac{1}{R_{ij}}$, iar ca valori inițiale pentru tensiunile nodurilor $(i = 2,\ldots,N)$ valoarea nominală a treptei respective de tensiune, adică 0,231 kV.

Amplasarea optimă a posturilor de transformare. Algoritmul de amplasare a posturilor de transformare în rețea este conceput într-o înlănțuire de pași care conjugă o serie de parametri funcționali ai rețelei, la o etapă dată a modelului matematic ales și își propune să realizeze, în principiu, următoarele:

— Etapa de verificare a existenței soluției. La o configurație maximă dată pentru rețea, cu indicarea unui număr de posibilități de amplasare a posturilor de transformare, dacă se poate sau nu să se obțină o soluție. Se consideră soluție cînd posturile de transformare sînt cît mai uniform încercate în limitele unei plaje, impuse, între 65—85% din puterea nominală a transformatorului, care să conducă la consumuri tehnologice minime în rețea.

— Etapa de inspectare a amplasării numărului maxim de posturi de transformare (cîte posibilități au fost date), cu stabilirea grafului legăturilor maximale directe între posturile de transformare.

— Etapa de clasificare și zonare a sarcinilor care sînt modelate cu ajutorul grafurilor și al momentului de sarcină minim.

— Etapa de alegere a nodurilor comune în diverse posibilități de configurație arborescentă de amplasare a posturilor de transformare.

— Etapa de eliminare a posturilor de transformare slab încărcate cu posibilități de îmbunătățire și revenire în condițiile etapelor anterioare.

— Etapa de amplasare a posturilor de transformare reieșite din analiza soluției de optim local rezultat din optimizarea momentelor de sarcină într-o funcționare radială a rețelei.

— Etapa de optimizare propriu-zisă, de îmbunătățire a soluției prin inspectarea unui număr de regimuri, cu analiza consumurilor tehnologice din rețea.

În anumite situații se poate întîmpla, de exemplu, să nu se poată găsi o soluție de amplasare a posturilor de transformare care să se încadreze în restricția dată, în care caz apar mesaje pentru proiectant, cu afișarea rezultatelor obținute. Proiectantul, prin experiența lui, va putea suplini criteriul de convergență, dirijînd în continuare calculele spre obținerea unei soluții cît mai aproape de optim, schimbînd unele date de intrare pentru rețeaua respectivă.

Proiectarea rețelei de medie tensiune. Proiectarea optimă a rețelei de medie tensiune presupune legarea posturilor de transformare de MT/JT pe distribuitoare, în așa fel încît să se asigure alimentarea cu energie electrică a tuturor consumatorilor racordați la rețeaua de joasă tensiune în cazul avarierii unui cablu distribuitor, cu determinarea unor pierderi minime în această rețea.

La acest pas de calcul se consideră că posturile de transformare de MT/JT au fost amplasate în rețea.

Datele necesare pentru calcul sînt alcătuite din lista nodurilor în care se găsesc posturile de transformare MT/JT dată în segmentul anterior, lista legăturilor posibile și a lungimilor între amplasamentele posturilor de transformare (incluzînd și punctul de alimentare sau stația de transformare din zonă), considerate pe partea de medie tensiune, care sînt date de utilizator.

Se extrage o matrice a legăturilor posibile între posturile de transformare, matrice care este apoi renumerotată și ordonată în sens crescător. Pentru fiecare nod se stabilește distanța medie a legăturilor sale cu celelalte noduri, cu ajutorul relației:

$$DM_k = \frac{\sum_{i=1}^{N} l_{ki}}{N_{LK}},$$

în care :

DM_k este distanța medie a nodului k față de celelalte noduri cu care se leagă, în m ;

l_{ki} — distanța nodului k față de nodul i cu care are legătură ;

N_{LK} — numărul legăturilor nodului k față de celelalte noduri.

Matricea ordonată și distanțele medii se utilizează la stabilirea capetelor distribuitoarelor și, în continuare, la trasarea lor completă. Începuturile cablurilor distribuitoare (cîte au rezultat din calcul) se vor stabili în ordinea crescătoare a distanțelor între sursă și un număr de posturi de transformare. Odată stabilite nodurile ce reprezintă capete de distribuitoare se trece pe rînd la trasarea acestora.

Un nod capăt de distribuitor se va lega cu acel nod care îndeplinește condiția de a avea distanța mai mare decît distanța medie DM_k calculată. Acest procedeu continuă pînă la legarea tuturor posturilor de transformare prevăzute a se racorda la un distribuitor. Operația se reia pentru fiecare distribuitor în parte.

În caz că restricția sus-amintită nu poate fi îndeplinită la un anumit pas, se consideră legăturile cu acele noduri care au distanțele cele mai mari posibile.

Algoritmul urmărește întreteserea cablurilor distribuitoare de medie tensiune în așa fel încît în vecinătatea unui post de transformare să se afle posturi amplasate pe alte cabluri distribuitoare, astfel încît la căderea unui distribuitor celelalte transformatoare din vecinătate să preia cît mai uniform sarcina posturilor de transformare căzute.

În cazul obținerii unei soluții funcționale, trasarea cablurilor distribuitoare se face pe drumul minim, în scopul obținerii unor consumuri tehnologice cît mai mici în această rețea.

După ce rețeaua de medie tensiune a fost trasată se face un calcul de regim în situație normală și în avarie spre a se vedea modul de încărcare al transformatoarelor. Dacă într-un regim de avarie vreunul din transformatoare se suprаîncarcă peste valoarea stabilită pentru β, se afișează mesaje care atenționează proiectantul, fie asupra unor erori în datele de intare, fie asupra unei imposibilități de obținere a soluției.

Proiectarea rețelei de joasă tensiune. Algoritmul de calcul pentru determinarea configurației optime a rețelei de joasă tensiune (graful rețelei) intervine ca ultimă etapă de calcul, după ce posturile de transformare au fost amplasate în rețea și distribuitoarele de medie tensiune trasate.

Rețeaua inițială de joasă tensiune, care este dată de proiectant și care conține foarte multe legături, reprezentînd practic suprapunerea mai multor soluții posibile, va trebui redusă în așa fel încît să se obțină, în final, o soluție optimă din punct de vedere tehnico-economic. La această fază decizia se ia în funcție de cheltuielile totale actualizate minime.

Avînd toate elementele fixate, se face un calcul de regim staționar, conform algoritmului descris mai sus, după care se ierarhizează toate tronsoanele rețelei în funcție de curentul care le străbate. Se începe eliminarea cu tronsoanele cele mai slab încărcate (din punctul de vedere al curentului care le străbate), verificarea făcîndu-se atît în regim normal, cît și în regimurile de avarie date prin căderea pe rînd a unui cablu distribuitor de MT, pentru a se vedea rolul acelei legături în rețea, în diferite stări ale acesteia. Prin eliminarea unei legături se reduce lungimea rețelei inițiale de joasă tensiune, dar încep să crească consumurile tehnologice. Eliminarea de legături din rețeaua de joasă tensiune se oprește în momentul cînd valoarea cheltuielilor totale actualizate atinge un minim. Acest minim nu poate fi explicat, din care cauză calculul de minimizare nu se poate realiza cu metode matematice obișnuite.

Pentru aflarea acestui minim se procedează în felul următor :

Pentru rețeaua de joasă tensiune reprezentată prin graful maxim de legături (rețeaua inițială), rezultă o valoare de consumuri tehnologice minime. Calculîndu-se pentru această situație cheltuielile totale actualizate se obține punctul extrem al intervalului funcției de cost. Se reduce rețeaua de joasă tensiune cu o legătură, se determină noua lungime de rețea și consumurile tehnologice în această situație, calculîndu-se noile cheltuieli totale actualizate ale rețelei, care se compară cu cele anterioare. Se continuă în acest fel pas cu pas, pînă se obține relația :

$$A_{k+1} \geq A_k,$$

aceasta fiind soluția rețelei care corespunde cheltuielilor totale actualizate minime. În acest moment calculul se oprește, deoarece se consideră că soluția este optimă din punct de vedere tehnico-economic.

În final, se afișează regimul de funcționare al rețelei (rețeaua de joasă tensiune cu rețeaua de medie tensiune suprapusă), în regim normal și în diferite regimuri de avarie.

Funcția de cost, respectiv cheltuielile totale actualizate, au fost determinate cu ajutorul relației :

$$A = \sum_{i=1}^{N} [I_i(1 + a)^{m-i} + C_i(1 + a)^{m-i}] - W_n(1 + a)^{m-n},$$

în care : A reprezintă cheltuielile totale pe n ani, raportate la anul m, în lei ;

I_i — valoarea investițiilor efective și de echivalare din anul i, în lei ;

C_i — cheltuielile anuale de exploatare și pentru acoperirea consumurilor tehnologice din rețea, în anul i, în lei;
W_n — valoarea remanentă a instalației la sfîrșitul perioadei de studiu;
a — rata de actualizare, 0,08;
m — anul de raportare, în general, anul începerii funcționării obiectivului;
n — perioada de calcul.

3. Prezentarea și organizarea programului

Programul PARED este scris în limbaj FORTRAN și adaptat pentru a fi exploatat pe calculatoare tip FELIX. Schema logică de principiu este redată în figura 1.

Lungimea totală a programului editat este de circa 200 KO, iar lungimea celei mai mari ramuri este de 158 KO. Programul reclamă în plus, ca memorie exterioară, un disc de manevră de tip AD pentru calculatorul FELIX C—256 și două unități de bandă.

Programul este segmentat radial și cuprinde cinci segmente cu următoarele funcții:

PP — programul principal cu rol de apelare a subrutinelor TRAFO, TRAGRAFM, RETOPT și CTA, care formează ramurile arborelui de segmentare, avînd și următoarele funcțiuni:
- introduce datele inițiale;
- calculează numărul posturilor de transformare, numărul ramurilor distribuitoare și numărul maxim de posturi pe un distribuitor;
- conduce întreaga desfășurare a aplicației.

TRAFO — subrutină pentru amplasarea optimă a posturilor de transformare în rețea;
- stabilește constantele programului;
- avertizează utilizatorul asupra plajelor de existență a soluției funcționale, la parametrii de rețea dați.

TRAGRAFM — subrutină care stabilește modul de legare optim a transformatoarelor de MT/JT pe ramurile distribuitoare de medie tensiune.

RETOPT — subrutină care stabilește eliminările posibile de tronsoane din rețeaua de joasă tensiune, respectînd condițiile de încărcare a posturilor de transformare și a cablurilor de joasă tensiune;
- elimină pe rînd loturi slab încărcate pînă apare mesajul „DEBUCLARE IMPOSIBILĂ”.

CTA — subrutină care stabilește pentru fiecare variantă de rețea, la fiecare eliminare a unei laturi, cheltuielile totale actualizate;
- verifică dacă s-a ajuns la cheltuieli totale actualizate minime, în care caz, oprește calculul, soluția fiind considerată optimă din punct de vedere tehnico-economic. În acest caz apare mesajul „CHELTUIELI TOTALE ACTUALIZATE MINIME”.

Algoritmul de calcul cuplează cele două subrutine RETOPT și CTA după criteriul eficienței maxime a timpului de calcul, încheierea execuției programului fiind considerată la apariția unuia din mesajele:

— DEBUCLARE IMPOSIBILĂ, apărut în momentul ieșirii din subrutina RETOPT, reprezentînd cazul în care se atinge un optim tehnic de rețea;

— CHELTUIELI TOTALE ACTUALIZATE MINIME, mesaj apărut la ieșirea programului din subrutina CTA, cînd după eliminarea unui număr de laturi din rețeaua inițială de joasă tensiune se atinge un optim economic, rețeaua fiind cea rezultată în momentul apariției acestui mesaj.

Performanțele programului PARED se traduc prin dimensiunile maxime ale unei rețele electrice de distribuție ce poate fi calculată și anume:

- numărul de noduri (consumatori) 600
- număr de posibilități de amplasare de PT 300
- număr de laturi în rețeaua de joasă tensiune 1400
- număr de laturi de medie tensiune 1000
- număr de distribuitoare de medie tensiune 10
- număr final de posturi de transformare de MT/JT ce se pot instala în rețea 80

În cadrul programului PARED este prevăzută posibilitatea afișării la imprimantă a unor mesaje care semnalizează eventualele erori de completare a datelor de intrare. După gravitatea erorilor mesajele sînt de avertizare sau de eroare.

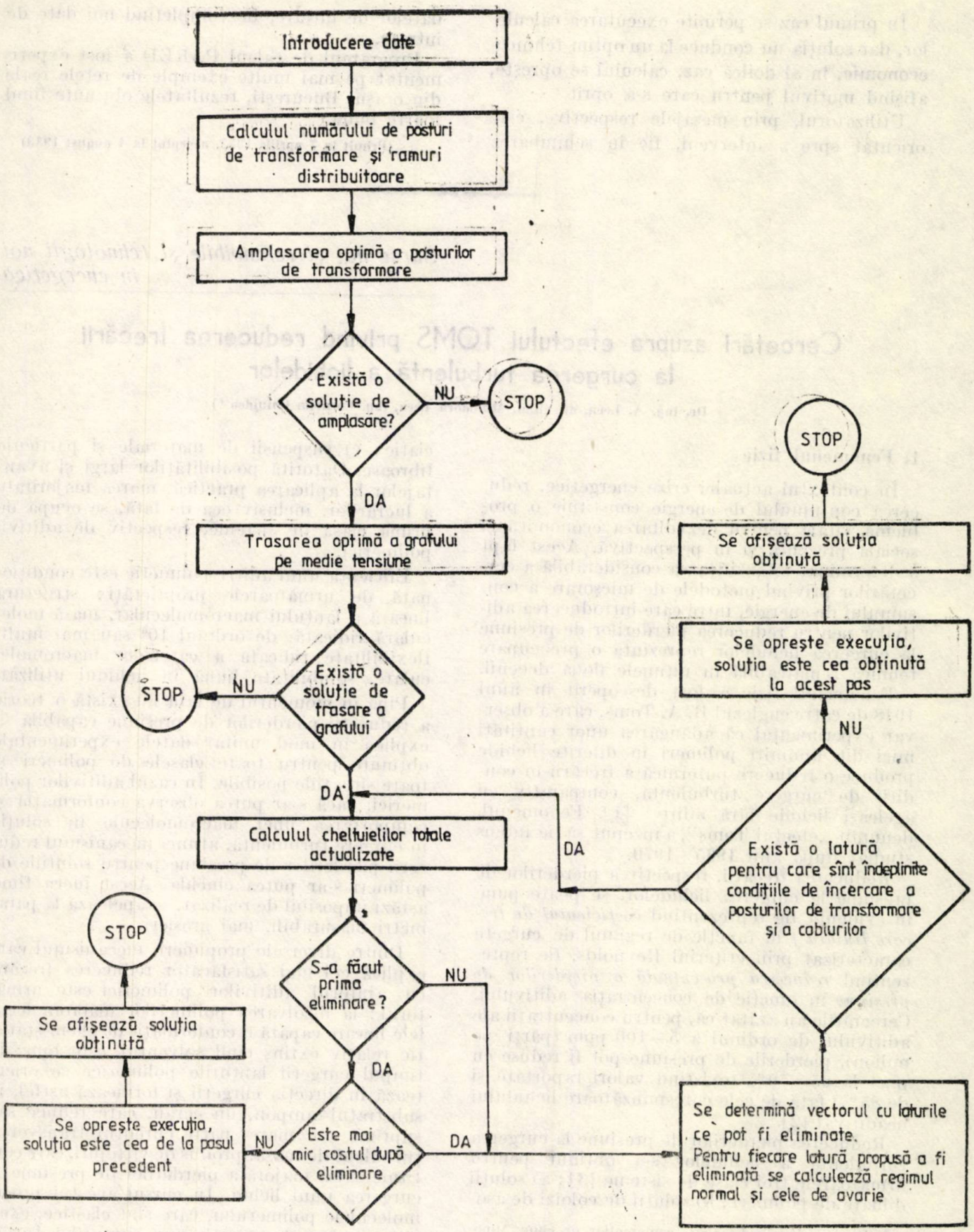


Fig. 1. Schema logică de principiu a programului PARED.

În primul caz se permite executarea calculelor, dar soluția nu conduce la un optim tehnico-economic, în al doilea caz, calculul se oprește, afișînd motivul pentru care s-a oprit.

Utilizatorul, prin mesajele respective, este orientat spre a interveni, fie în schimbarea datelor de intrare, fie completînd noi date de intrare.

Programul de calcul PARED a fost experimentat pe mai multe exemple de rețele reale din orașul București, rezultatele obținute fiind foarte bune.

(Primit la 7 aprilie 1983, acceptat la 4 august 1983)

Surse noi și reînnoibile și tehnologii noi în energetică

Cercetări asupra efectului TOMS privind reducerea frecării la curgerea turbulentă a lichidelor

Dr. ing. A. Leca, dr. chim. Minodora Leca, ing. Cornelia Chiujdea *)

1. Fenomenul fizic

În contextul actualei crize energetice, reducerea consumului de energie constituie o problemă vitală pentru dezvoltarea economică și socială prezentă și în perspectivă. Acest fapt a determinat intensificarea considerabilă a cercetărilor privind metodele de micșorare a consumului de energie, între care introducerea aditivilor pentru reducerea pierderilor de presiune la curgerea lichidelor reprezintă o preocupare tehnică remarcabilă în ultimele două decenii.

Fenomenul fizic a fost descoperit în anul 1948 de către englezul B. A. Toms, care a observat experimental că adăugarea unor cantități mici din anumiți polimeri în diferite lichide produce o reducere puternică a frecării în condiții de curgere turbulentă, comparativ cu aceleași lichide fără aditivi [1]. Fenomenul, denumit „efectul Toms", a început să fie intens studiat după anii 1965—1970.

Reducerea frecării, respectiv a pierderilor de presiune la curgerea lichidelor, se poate pune în evidență fie reprezentînd *coeficientul de frecare liniară f* în funcție de regimul de curgere caracterizat prin criteriul Reynolds, fie reprezentînd *reducerea procentuală a pierderilor de presiune* în funcție de concentrația aditivului. Cercetările au arătat că, pentru concentrații ale aditivului de ordinul a 5—100 ppm (părți pe milion), pierderile de presiune pot fi reduse cu pînă la 65—70% (existînd valori raportate și de 85%) față de cele corespunzătoare lichidului neaditivat [2].

Reducerea pierderilor de presiune la curgerea turbulentă a lichidelor s-a obținut pentru următoarele trei clase de sisteme [3]: a) soluții diluate de polimeri; b) soluții de coloizi de asociație; c) suspensii de materiale și particule fibroase. Datorită posibilităților largi și avantajelor la aplicarea practică, marea majoritate a lucrărilor, inclusiv cea de față, se ocupă de prima clasă de sisteme, respectiv de aditivii polimerici.

Eficiența unui aditiv polimeric este condiționată de următoarele proprietăți: structură lineară a lanțului macromolecular, masă moleculară ridicată, de ordinul 10^6 sau mai mult, flexibilitate ridicată a catenelor macromoleculare, solubilitate bună în lichidul utilizat.

Pînă în momentul de față nu există o teorie a reducerii pierderilor de presiune capabilă să explice în mod unitar datele experimentale obținute pentru toate clasele de polimeri și toate situațiile posibile. În cazul aditivilor polimerici, dacă s-ar putea observa conformația și comportarea unei macromolecule în soluție în curgere turbulentă, atunci mecanismul reducerii pierderilor de presiune pentru soluțiile de polimeri s-ar putea elucida. Acest lucru fiind astăzi imposibil de realizat, se apelează la parametri măsurabili, mai grosieri.

Dintre diversele propuneri, mecanismul care explică cel mai satisfăcător reducerea frecării cu ajutorul aditivilor polimerici este următorul: la dizolvarea polimerilor macromoleculele lineare capătă o conformație de ghem statistic relativ extins cînd solventul este bun; în timpul curgerii lanțurile polimerice se orientează în direcția curgerii și formează astfel, în substratul tampon, un ecran, care reduce sau suprimă în mare parte curentul transversal turbulent de masă, produs de vîrtejuri, care constituie sursa majoră a pierderilor de presiune la curgerea unui lichid. În cursul acestui proces moleculele polimerului, care sînt elastice, exercită un efect de amortizare a curenților turbulenți de frecvență mare. Prin reducerea frec-

*) Dr. ing. Aureliu Leca este conferențiar, dr. chim. Minodora Leca este șef lucrări, iar ing. Cornelia Chiujdea este asistentă — Institutul Politehnic București.

venței ridicate a microvîrtejurilor se poate micșora o mare parte din pierderile de presiune, de aici rezultînd că eficiența unui aditiv polimeric este dependentă de lungimea catenelor și de flexibilitatea acestora.

În figura 1 este reprezentată reducerea procentuală a coeficientului de frecare lineară în funcție de concentrație pentru diferiți polimeri

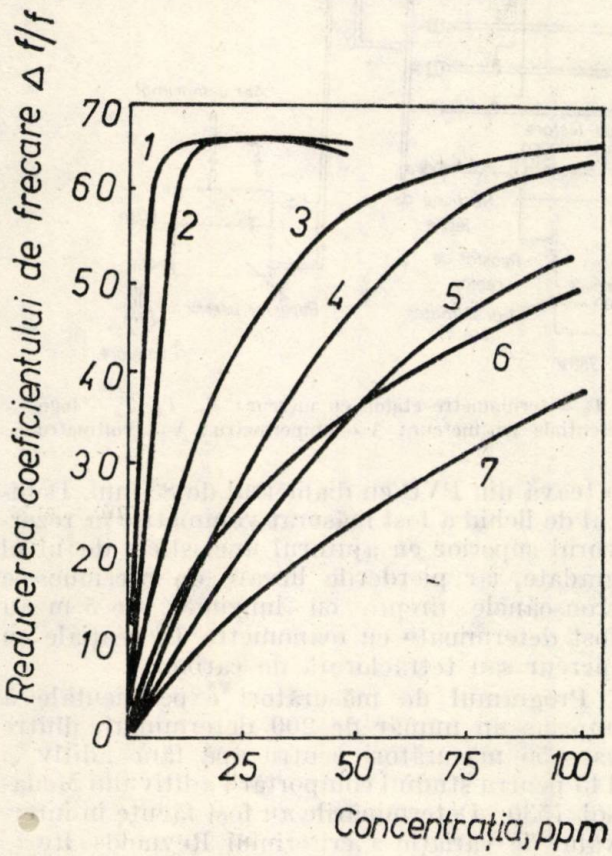


Fig. 1. Dependența eficienței polimerilor naturali și sintetici de concentrație: 1 — polietilenoxid; 2 — poliacrilamidă; 3 — xanthomonas compestris; 4 — pseudomonas sp.; 5 — neisseria sp.; 6 — arthrobacter viscosus; 7 — guar-gum la o singură trecere.

naturali și sintetici [4]. La început se observă o creștere lineară bruscă a coeficientului de frecare cu concentrația, după care urmează o plafonare caracteristică pentru fiecare polimer. Pentru o anumită concentrație limită, specifică, de asemenea, fiecărui polimer, reducerea nu mai are loc, ci, din contră, apare o creștere a pierderilor de presiune, datorată măririi viscozității soluției. Cei mai eficienți aditivi polimerici pentru apă sînt polietilenoxidul și poliacrilamida.

2. Cercetări și rezultate experimentale

La Institutul Politehnic din București s-a inițiat, începînd din anul 1977, un program complex de cercetări interdisciplinare privind diversele aspecte teoretice și experimentale ale fenomenului reducerii pierderilor de presiune cu ajutorul aditivilor. Principalele probleme studiate au fost următoarele:

— alegerea, caracterizarea fizico-chimică și încercarea diverselor clase de aditivi utilizați pentru reducerea pierderilor lineare de presiune la curgerea turbulentă a apei;

— cercetări experimentale privind influența asupra coeficientului de frecare lineară a tipului de aditivi și a caracteristicilor acestuia,a regimului de curgere, a concentrației aditivului, a prezenței unor inhibitori de coroziune; relații de calcul al coeficientului de frecare lineară la apă cu aditivi; determinarea pierderilor locale de presiune;

— studiul influenței materialului și diametrului conductei asupra pierderilor de presiune;

— contribuții teoretice asupra mecanismului reducerii rezistenței de frecare cu ajutorul aditivilor polimerici;

— influența aditivilor asupra proceselor de transfer de căldură prin convecție monofazică lichidă;

— studiul experimental al proceselor de îmbătrînire și degradare mecanică și termică a aditivilor polimerici;

— calculul tehnico-economic al transportului apei cu aditivi prin rețelele de conducte cu diverse configurații;

— utilizarea aditivilor pentru reducerea pierderilor prin frecare la curgerea prin accesoriile, utilajele și instalațiile de stingere a incendiilor;

— cercetări experimentale privind utilizarea aditivilor polimerici în rețelele de termoficare.

Determinările experimentale din cadrul programului de cercetare au fost efectuate pe șapte instalații de măsură, dintre care patru de laborator, iar trei semiindustriale. La acestea se adaugă un experiment complex executat pe un circuit industrial de răcire și măsurători pe o instalație de stingere a incendiilor.

Au fost testate ca aditivi 18 substanțe din patru clase: polietilenoxid, poliacrilamide cu diferite grade de hidroliză și mase moleculare, amine etoxilate, soluții coloidale și hidrolizat de colagen. Pornind de la premisa utilizării unor aditivi românești, rezultate pozitive au fost obținute în primul rînd cu poliacrilamidele (din categoria Medasol), care au condus la reduceri cu 20—65% ale coeficientului de frecare, în comparație cu apa neaditivată. Pentru testarea prealabilă a aditivilor s-a folosit o instalație simplă de laborator, în circuit deschis, în care curgerea s-a realizat prin căderea liberă a lichidului conținut într-un rezervor cu capacitatea de 8 l printr-o conductă verticală din material plastic cu diametrul interior de 6,5 mm și lungimea de 1,87 m. Diferența de nivel și diametrul conductei au asigurat un număr Reynolds Re = 12400. Ca măsură a eficienței s-a considerat raportul dintre timpul de curgere a volumului V de soluție și timpul de curgere a aceluiași volum de apă. Instalația nu permite

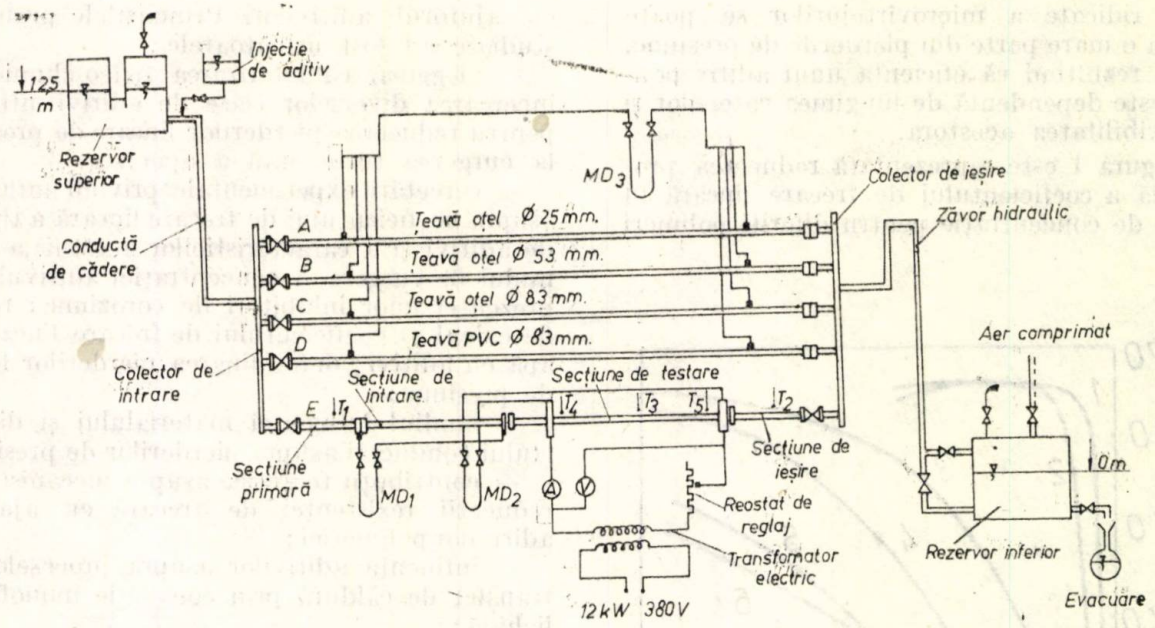


Fig. 2. Schema instalației experimentale gravitaționale: T_1, T_2 — termometre etalon cu mercur; T_3, T_4, T_5 — logometre cu termorezistențe; MD_1, MD_2, MD_3 — manometre diferențiale cu mercur; A — ampermetru; V — voltmetru.

măsurarea reducerii frecării, ci a micșorării timpului de curgere (măririi debitului).

Una dintre instalațiile experimentale utilizate la determinarea acțiunii aditivilor și a influenței caracteristicilor acestora asupra coeficientului de frecare liniară f la curgerea apei prin conducte cu diametre diferite, executate din diverse materiale, este reprezentată în figura 2. Instalația este alcătuită dintr-un circuit închis, cu un rezervor de nivel superior și unul inferior, diferența între nivelele libere ale apei fiind de 12,5 m. Experimentele au fost executate la curgerea gravitațională a apei între cele două rezervoare, astfel încît a fost eliminată degradarea mecanică a aditivului produsă de pompele de circulație. Nivelul în rezervorul superior s-a menținut constant cu ajutorul unei butelii Boyle-Mariotte, iar în rezervorul inferior cu un zăvor hidraulic prevăzut după zona de testare, asigurîndu-se astfel un debit gravitațional constant. Curgerea ascendentă a apei pentru recirculare s-a realizat cu ajutorul unei perne de aer comprimat în rezervorul inferior. Polimerul a fost introdus în instalație fie prin omogenizare în rezervorul superior, fie prin injectare, sub formă de soluție, în conducta de ieșire din rezervorul superior. Injectarea a fost făcută gravitațional, soluția de polimer cu o concentrație cunoscută fiind introdusă în prealabil într-un cilindru calibrat prevăzut cu un ventil de control. Zona de încercare a fost alcătuită dintr-un număr de patru tronsoane (A, B, C, D), reprezentînd țevi legate în paralel, racordate la un colector de intrare și unul de ieșire. Dintre acestea, trei țevi au fost din oțel cu diametrele de 25, 53 și respectiv 83 mm, iar o țeavă din PVC cu diametrul de 83 mm. Debitul de lichid a fost măsurat volumetric în rezervorul superior cu ajutorul unei sticle de nivel gradate, iar pierderile lineare de presiune pe tronsoanele drepte cu lungimea de 5 m au fost determinate cu manometre diferențiale cu mercur sau tetraclorură de carbon.

Programul de măsurători experimentale a cuprins un număr de 200 determinări, dintre care 55 măsurători pentru apă fără aditiv și 145 pentru studiul comportării aditivului Medasol 7530. Determinările au fost făcute în intervalul de variație a criteriului Reynolds $Re = 50000 \ldots 145000$. O parte din rezultatele experimentale semnificative sînt prezentate în diagrama din figura 3.

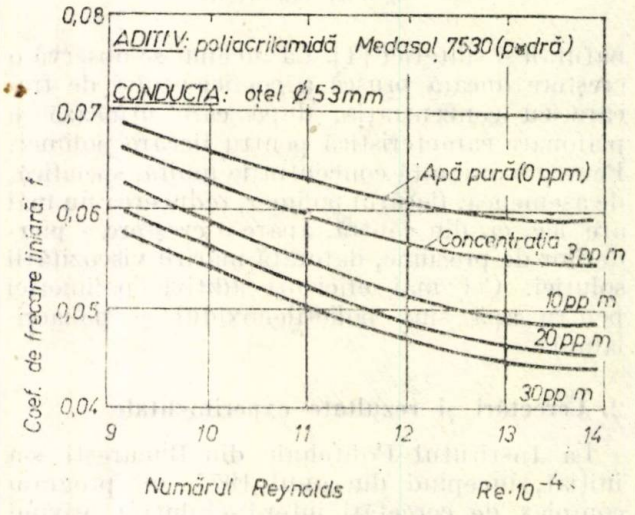


Fig. 3. Dependența coeficientului de frecare liniară de numărul Reynolds pentru apă și soluții de poliacrilamidă.

Determinările experimentale au pus în evidență următoarele [6]:

a) Utilizarea poliacrilamidei Medasol 7530 sub formă de pulbere, la concentrații în apă de pînă la 30 ppm, a condus la reduceri maxime ale coeficientului de frecare lineară $\Delta f/f = 65 \ldots$ $\ldots 67\%$. Valorile obținute sînt comparabile cu rezultatele raportate în literatură — reduceri maxime ale pierderilor lineare de presiune de circa 70% pentru concentrații de ordinul 50 ppm [2, 4].

b) În cazul instalațiilor metalice cu un grad avansat de coroziune, introducerea aditivului în apă prin dizolvare în întregul volum nu s-a apreciat ca metodă recomandabilă, deoarece aditivul produce floculărea ruginii în zonele fără circulație a fluidului: rezervoare, colectoare etc. și disponibilitatea pentru procesul de reducere a pierderilor de presiune scade considerabil. În aceste condiții se recomandă introducerea aditivului în apă prin injectare direct în sistemul de conducte, cînd fenomenul semnalat mai sus nu a fost, practic, sesizat.

c) Încercarea poliacrilamidei Medasol 7530 livrată sub formă de gel, cu concentrația de 48,5% în polimer, în întregul volum de apă (în instalația curățată mecanic de produsele de coroziune) a avut o eficiență $\Delta f/f = 20 \ldots 25\%$ la concentrația de 20—30 ppm, din cauza gelului isolubil conținut în polimer.

d) Eficiența poliacrilamidei Medasol 7530 este mai ridicată la țevile metalice decît la cele din PVC.

e) Încercarea poliacrilamidei Medasol 7530 gel pentru reducerea pierderilor de presiune la apă cu inhibitor de coroziune (ICAR, în concentrație de 100 ppm) a arătat că efectul aditivului se menține, înregistrîndu-se însă o micșorare a eficienței cu 5—10% în comparație cu apa aditivată, dar care nu conține inhibitor. Această micșorare se datorează creșterii concentrației ionilor pozitivi datorită prezenței inhibitorului, ceea ce produce micșorarea dimensiunilor ghemurilor macromoleculare și coborîrea eficienței poliacrilamidei anionice.

În figura 4 se reprezintă schema unei alte instalații experimentale utilizată pentru determinarea efectului cantitativ al diverșilor parametri asupra procesului de reducere a pierderilor de presiune în rezistențe hidraulice lineare și locale. Instalația se compune dintr-un racord la rețeaua de apă industrială cu presiunea de 3 bar, sistemul de injectare a aditivului și tronsoanele de măsură. Introducerea aditivului în apă s-a făcut dintr-un rezervor cilindric vertical, cu ajutorul aerului comprimat cu presiunea de 4 bar; debitul aditivului s-a măsurat cu un rotametru. Injectarea sa s-a făcut în două moduri: prin orificii în peretele țevii de apă și printr-o țeavă interioară perforată, concentrică cu conducta de apă. Tronsoanele de măsură au cuprins succesiv două porțiuni drepte de țeavă din oțel cu diametrele 43/36 mm și lungimea de 8020 mm fiecare, un cot cu raza de curbură $R = 6{,}5$ Dn, trei armături de închidere (un ventil normal, un ventil înclinat și o vană),

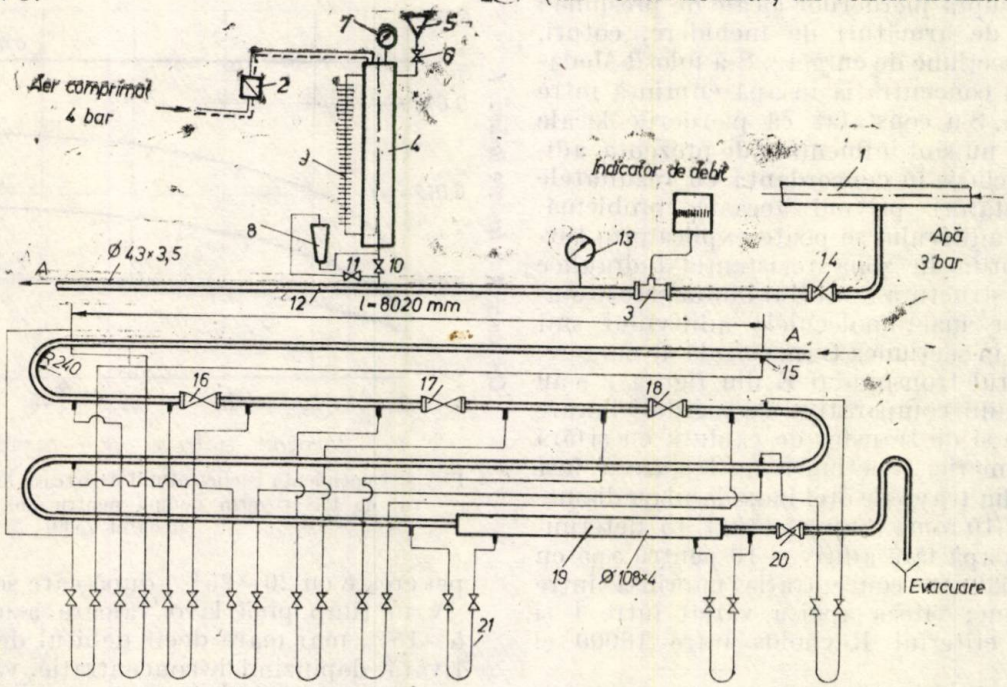


Fig. 4. Instalație experimentală pentru determinarea pierderilor lineare și locale de presiune: 1 — colector de apă; 2 — regulator de presiune a aerului comprimat; 3 — debitmetru cu turbină; 4 — rezervor de aditiv; 5 — introducerea aditivului; 6 — robinet de închidere; 7 — manometru pentru aer; 8 — rotametru; 9 — indicator de nivel; 10 — robinet de închidere; 11 — robinet de reglaj; 12 — tub de injectare; 13 — manometru pentru apă; 14 — ventil de intrare; 15 — prize de presiune; 16 — ventil normal; 17 — ventil înclinat (tip Koswa); 18 — vană; 19 — variație de secțiune la curgere; 20 — robinet de evacuare; 21 — manometre diferențiale cu mercur.

o mărire şi o reducere bruscă de secţiune de curgere cu diametrele de 100 şi 36 mm.

Pierderile de presiune au fost măsurate cu manometre diferenţiale cu mercur, debitul de apă cu un debitmetru cu turbină, iar debitul de aditiv injectat cu un rotametru de precizie.

Cu instalaţia experimentală din figura 4 au fost efectuate 461 de determinări, dintre care 56 pentru apă fără aditivi, iar 375 pentru apă cu aditivi avînd diferite concentraţii (între 5 şi 40 ppm) şi regimuri de curgere (Re = = 5000...85000). Aditivul testat a fost poliacrilamida Medasol RPC.

Pentru calculul pierderilor lineare de presiune la curgerea apei cu aditiv Medasol 7530 s-a obţinut pentru coeficientul de frecare lineară f relaţia lui Altşul, modificată în forma :

$$f = f(\mathrm{Re}, \varepsilon, c) = 0{,}11 \left(\varepsilon + \frac{68}{\mathrm{Re}} \right)^{0{,}25} \cdot g(c),$$

în care : $\varepsilon = k/d$;

$g(c) = 1 - 1{,}3512 \cdot 10^{-2} c + 1{,}5282 \cdot 10^{-4} c^2$;

Re — criteriul Reynolds;

ε — rugozitatea relativă a conductei;

k — rugozitatea absolută a peretelui conductei, în mm;

d — diametrul interior al conductei, în mm;

c — concentraţia aditivului, în ppm;

Relaţia aproximează 85% din datele experimentale cu o abatere maximă de ±95%.

Pe instalaţia din figura 4 s-a studiat şi efectul aditivilor asupra pierderilor locale de presiune : trei tipuri de armături de închidere, coturi, variaţii de secţiune de curgere. S-a folosit Medasol RPC cu concentraţia în apă cuprinsă între 5 şi 50 ppm. S-a constatat că pierderile locale de presiune nu sînt influenţate de prezenţa aditivului, concluzie în concordanţă cu rezultatele altor cercetători privind această problemă. Ineficienţa aditivului se poate explica prin turbulenţa sporită în zona rezistenţei hidraulice locale, cînd structura stratului limită este nestabilizată, iar macromoleculele adit vului sînt neorientate în secţiunea transversală de curgere.

Cu ajutorul tronsonului E din figura 2 s-au efectuat studii comparative de pierderi lineare de presiune şi de transfer de căldură cu şi fără aditivi polimerici. Secţiunea de testare a fost executată din ţeavă de oţel inoxidabil cu diametrele de 12/10 mm. S-au efectuat 15 determinări pentru apă fără aditiv şi 19 pentru apă cu Medasol 7530 cu concentraţia cuprinsă între 5 şi 36 ppm; viteza apei a variat între 1 şi 4 m/s, iar criteriul Reynolds între 16000 şi 45000.

Măsurătorile au arătat că atit pierderea de presiune, cit şi transferul de căldură sînt puternic afectate de prezenţa polimerului, coeficientul de frecare şi coeficientul de convecţie fiind amîndoi reduşi în comparaţie cu apa neadi-

tivată, cu valori maxime de 66—68% pentru o concentraţie a aditivului de 30—50 ppm. Acest proces este atribuit acţiunii polimerului de reducere a transferului turbulent de masă, impuls şi energie, de micşorare a fluctuaţiilor turbulente lîngă perete. În apa cu aditiv structura stratului limită se modifică : difuzivitatea turbulentă a impulsului şi, ca rezultat, difuzivitatea turbulentă a căldurii au valori sensibil mai scăzute decît pentru apa neadităvată, astfel încît stratul laminar (vîscos) de lîngă perete creşte mult în grosime.

Studiul degradării mecanice a aditivului s-a făcut cu ajutorul unei instalaţii în circuit închis, alcătuită dintr-un rezervor cu capacitatea de 60 l, o pompă centrifugă cu debitul nominal de 20 l/min, înălţimea de refulare de 30 m H_2O şi turaţia de 6000 rot/min şi un traseu de conducte trase drepte cu rugozitate normală (perete neted hidraulic) din alamă, cu diametrul interior de 13,8 mm şi distanţa dintre punctele de măsurare a pierderilor de presiune de 3 m. La un debit de 36 l/min numărul Reynolds a fost de 55000. Datorită şocului mecanic exercitat de palele rotorului pompei centrifuge, precum şi datorită curgerii turbulente, are loc degradarea mecanică a polimerului, ceea ce duce la micşorarea eficienţei în timp.

În figura 5 este reprezentată dependenţa $f = f(\mathrm{Re})$ pentru cîteva concentraţii de poliacrilamidă Medasol 7530, degradarea în pompă avînd contribuţia principală. În momentul introducerii în circuit a aditivului debitul pom-

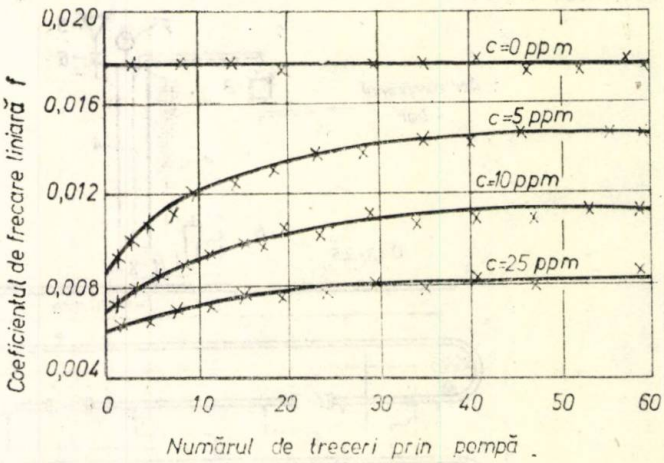


Fig. 5. Dependenţa coeficientului de frecare lineară de numărul de treceri prin pompă pentru poliacrilamida Medasol 7530.

pei creşte cu 20—25%, după care scade progresiv în timp pînă la o valoare asimptotică cu 5—15% mai mare decît debitul de apă neadităvată, depinzînd de concentraţie, valoare corespunzătoare unei eficienţe de circa 40% din concentraţia aditivului. Reducerile iniţiale ale frecării sînt cuprinse între 30%, pentru concentraţia de 5 ppm, şi 60%, pentru concentraţia de 25 ppm. Peste concentraţia de 30 ppm nu se

mai realizează o scădere a coeficientului de frecare, fenomenul avînd caracter de saturație. După cum se vede din figură, stabilizarea regimului de curgere se face după circa 50 de treceri prin pompă. Exprimate procentual, reducerile frecării la care degradarea mecanică încetează sînt de circa 10% pentru concentrația de 5 ppm, 30% pentru 10 ppm și 40% pentru 25 ppm.

Încercările efectuate pe o instalație reală de stingere a incendiilor racordată la un hidrant printr-un furtun cauciucat cu lungimea de 85 m și diametrul de 63 mm au arătat că se poate obține, la o concentrație a poliacrilamidei Medasol RPC de 10—15 ppm, în comparație cu apa neaditivată, o micșorare a pierderilor de presiune de circa 35% pentru același debit de apă, respectiv o creștere cu circa 25% a debitului la aceeași putere de pompare și o mărire cu circa 60% a distanței de acțiune a jetului pentru aceeași pierdere de presiune ca și apa neaditivată, concomitent cu reducerea dispersiei jetului [5].

3. Concluzii

Alături de alte informații disponibile în literatură, lucrarea prezentă contribuie cu date experimentale la studiul efectelor aditivilor polimerici asupra reducerii pierderilor de presiune și energiei de pompare.

Încă de la descoperirea efectului Toms au fost propuse multe utilizări practice. Dintre acestea unele nu au fost încă realizate, în schimb altele au ajuns la faza de utilizare industrială, gama acestora din urmă fiind în continuă creștere.

Principalele aplicații practice ale efectului Toms sînt următoarele [7]:

a) În transportul hidraulic la distanță al lichidelor, cu efecte pozitive asupra reducerii pierderilor totale de presiune și a energiei de pompare necesare și măririi capacității de transport; prezintă importanță pentru conductele magistrale de apă și de produse petroliere, conducte pentru transportul particulelor solide sub formă de suspensii în lichide.

b) În irigații, unde în paralel cu micșorarea energiei de pompare se poate obține o creștere a producției agricole și o reducere apreciabilă a pierderilor de apă din sol prin evaporare.

c) În sistemele de stingere a incendiilor, în care se realizează o majorare substanțială a debitului de lichid și a distanței de acțiune a jetului pentru un consum dat de energie și, în plus, o îmbunătățire a coerenței jetului.

d) În sistemele urbane de canalizare, injectarea aditivilor în conducte și canale în timpul ploilor torențiale conduce, practic, la dublarea capacității acestora și la micșorarea pericolului inundațiilor.

e) În îmbunătățirea propulsiei navelor, pentru mărirea vitezei de deplasare și/sau micșorarea consumului de combustibil.

f) În circuitele industriale de răcire și în sistemele de termoficare, în scopul reducerii energiei de pompare.

g) Alte utilizări: îmbunătățirea performanțelor mașinilor hidraulice, ca fluide de foraj, în operațiile de fracturare hidraulică în sondele de petrol, aplicații biomedicale, ca, de exemplu, ameliorarea — în anumite condiții — a circulației sanguine [7].

Bibliografie

[1] Toms, B. A.: *„Some observations on the flow of linear polymer solutions through straight tubes at large Reynolds numbers"*. Proc. First Intern. Congress on Rheology, Holland, 1948. North Holland, vol. 2, p. 135—141, 1949.

[2] White, A. și Hemmings, J. A. G.: *„Drag reduction by additives. Review and bibliography"*. BHRA Fluid Engng., Bedford, Anglia, 1976.

[3] Patterson, G. K., Zakin, I. L. și Rodriguez, I. M.: *„Drag reduction — polymer solutions, soap solutions and solid particle suspensions, in pipe flow"*. Ind. Engng. Chem., vol. 61, nr. 1, ian. 1969, p. 22—30.

[4] Lumley, I. L.: *„Drag reduction in turbulent flow by polymer additives"*. I. Polymer Sci., Macromol. Reviews, vol. 7, 1973, p. 263—290.

[5] Leca, A., Leca, M., Ionescu, D., Chiujdea, C. și Nae, B.: *„Reducerea pierderilor de presiune la curgerea lichidelor cu ajutorul aditivilor"*. Inst. polit. București, contractele nr. 428/1977, 28/1979, 6—0—1/1980, 6—1—8/1981, 6—2—14/1982.

[6] Leca, A. și Leca, M.: *Reducerea pierderilor de presiune la curgerea lichidelor cu ajutorul aditivilor. I. Considerații generale"*, Revista de chimie, vol. 32, 1981, nr. 10, p. 984—987. II *„Caracterizarea aditivilor"*, Revista de chimie, vol. 33, 1982, nr. 1, p. 31—35. *„III. Pierderi de presiune și transfer de căldură"*, Revista de chimie, vol. 34, 1983, nr. 7, p. 628—632.

[7] Leca, M. și Leca, A.: *„Aditivarea lichidelor, soluție modernă de economisire a energiei"*. București, Ed. Tehnică, 1982.

(Primit la 15 august 1983, acceptat la 9 noiembrie 1983)

Remarce asupra teoremelor Fermat-Euler

Dr. ing. Constantin I. Staicu *)

Nota redacției :
Se prezintă opinii ale autorului în legătură cu marea teoremă a lui Fermat și teorema lui Euler, enunțate în secolele al XVII-lea și al XVIII-lea, dar nedemonstrate pînă în prezent. Față de importanța pentru cunoaștere și matematică a acestor teoreme, se consideră că și în revista Energetica își găsesc locul asemenea preocupări. Datorită eforturilor lipsite de succes ale multor matematicieni de prim rang, în prezent se caută mai ales idei și metode noi. Lucrarea de față constituie o abordare nouă a teoremelor, bazată pe omogenitatea ecuațiilor respective. Se urmărește informarea despre ideile noi a cititorilor interesați și, eventual, realizarea unui progres în această problemă fundamentală. Redacția revistei Energetica rămîne deschisă pentru orice luări de poziție față de opiniile autorului prezentate în cele ce urmează.

Introducere

Se admite astăzi îndeobște că, față de insuccesele de pînă acum, pentru demonstrarea teoremei lui Fermat este necesară o metodă nouă și rodnică (A. O. Ghelfond) sau idei noi urmate de metode mai puternice și mai rafinate (M. M. Postnikov).

Autorul opinează în această problemă că :

— este oportună examinarea împreună a teoremelor Fermat și Euler — prima fiind un caz particular al celeilalte — deoarece se deschid perspective noi ;

— ar fi indicat să se analizeze omogenitatea ecuațiilor Fermat și Euler — omogenitate matematică și în privința naturii întregi a variabilelor — cunoscînd că funcțiile omogene prezintă proprietăți interesante, care în fizică, de exemplu, conduc la aplicații utile ;

— trebuie sine qua non să se ia în considerare „dimensiunea" ecuațiilor Fermat-Euler deoarece, în formele lor particulare, variabilele în x alcătuiesc polinoame cu numere variabile de termeni.

Referitor la aceste teoreme, se prezintă în lucrare unele remarce și constatări care introduc idei noi, intuindu-se posibilitatea unui progres pe această cale. Se consideră că difuzarea lor ar putea să declanșeze sugestii fructuoase.

Teorema Fermat

Marea ultima teoremă a lui Fermat enunță că ecuația

$$x_1^m + x_2^m = y^m, \tag{1}$$

în care m este un număr pozitiv, întreg nu are soluții x_1, x_2, y întregi diferite de zero, pentru $m > 2$. Acest enunț a fost stabilit în 1637 de către Pierre de Fermat (1601—1665). Demonstrația generală a marii teoreme nu a fost dată pînă în prezent ; se cunosc demonstrații numai pentru cazurile particulare $m < 10000$. Pînă acum nu s-a infirmat teorema printr-o demonstrație sau un exemplu numeric.

Teorema Euler

Această teoremă enunță că nici ecuația

$$x_1^m + x_2^m + x_3^m + \ldots + x_s^m = y^m, \tag{2}$$

în care m este tot un număr pozitiv, întreg nu are soluții x_1, x_2, ... x_s, y întregi diferite de zero pentru $1 < s < m$. Teorema a fost enunțată în secolul al XVIII-lea de Leonhard Euler (1707 — 1783). Nici această teoremă nu a fost demonstrată pînă în prezent ; de asemenea, nu a fost infirmată printr-o demonstrație sau un exemplu numeric.

Este desigur evident că teorema lui Fermat se regăsește ca un caz particular al teoremei lui Euler.

---

*) Autorul este cercetător științific la ICEMENERG

Remarce asupra teoremelor.

Analiza ecuațiilor date

1. Pragul despărțitor. În conformitate cu enunțul teoremei Euler, valorile maxime ale exponentului m pentru care ecuația (2) admite soluții întregi (ecuația este egalitate) variază în corelație cu numărul termenilor; astfel:

— pentru $s = 2$ termeni

$$\begin{gathered} x_1^2 + x_2^2 = y^2 \\ \hline x_1^3 + x_2^3 \neq y^3 \\ x_1^4 + x_2^4 \neq y^4 \\ \cdots\cdots \end{gathered}$$

— pentru $s = 3$ termeni (3)

$$\begin{gathered} x_1^3 + x_2^3 + x_3^3 = y^3 \\ \hline x_1^4 + x_2^4 + x_3^4 \neq y^4 \\ x_1^5 + x_2^5 + x_3^5 \neq y^5 \\ \cdots\cdots \end{gathered}$$

etc.

Egalitățile (3) marchează PRAGUL, pentru fiecare caz particular, după care ecuațiile următoare nu mai admit soluții întregi (devin inegalități). Se constată că egalitățile (3) prezintă caracteristica importantă de a avea totdeauna $m_p = s$, unde s reprezintă numărul termenilor din primul membru; acest fapt se constituie ca o legitate.

2. Definiția locală. Din egalitățile (3) rezultă că

$$y = f(x_1, x_2, \ldots, x_s); \tag{4}$$

variabilele independente $x_1, x_2, \ldots, x_s$ DEFINESC, în fiecare caz particular, variabila dependentă y.

În privința valorilor, dependența dintre variabile este dată, evident, de egalitățile (3): valoarea y este rezultatul „combinării" — în speță, rezultatul însumării — valorilor variabilelor $x_1, x_2, \ldots, x_s$.

Operația de însumare nu se poate folosi însă pentru omogenitatea în privința naturii întregi a variabilelor. Egalitățile (3) fiind, conform enunțului teoremei, omogene în I (întreg) pot fi scrise sub forma:

$$\begin{aligned} [x_1^2]_I &= [x_2^2]_I = [y^2]_I \\ [x_1^3]_I &= [x_2^3]_I = [x_3^3]_I = [y^3]_I, \end{aligned} \tag{5}$$

în care s-au folosit, după modelul din fizică, paranteze drepte.

Este desigur evident că relațiile (5) nu conțin „dimensiunea" pe care o implică relația de definiție (4), în sensul „combinării" în întregul y a întregilor $x_1, x_2, \ldots$, corespunzător fiecărui caz particular. În plus, relațiile (5) sînt adevărate și pentru inegalitățile valorice; astfel, de exemplu, în cazul relației

$$x_1^5 + x_2^5 \neq y^5 \tag{6}$$

(care este inegalitate în conformitate cu enunțul teoremei lui Fermat) rezultă:

$$[x_1^5]_I = [x_2^5]_I = [y^5]_I, \tag{7}$$

adică relații similare cu (5), care provin din egalitățile (3); acest fapt atestă insuficiența analizării omogenității ecuațiilor Fermat-Euler pe baza numai a naturii întregi a variabilelor.

Analiza faptului matematic

3. Definirea faptului matematic. Ecuația (2) este o sumă de diferiți întregi ridicați fiecare la aceeași putere m. Se ia în considerare relația:

$$(x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_s)^m = y_1^m, \tag{8}$$

a cărei dezvoltare conține termenii din (2), împreună cu alți termeni.

Se substituie relația (2) în dezvoltarea relației (8); astfel, de exemplu, în cazul particular $s = m = 3$ rezultă:

$$3x_1^2x_2 + 3x_1x_2^2 + 3x_1^2x_3 + \ldots + 6x_1x_2x_3 + y^3 = y_1^3; \tag{9}$$

relațiile (2) și (8) definesc un „fapt matematic", descris de relația (9) în cazul particular $s = m = 3$. Analizarea împreună a celor două relații (2) și (8) este fructuoasă, deoarece permite evidențierea unor aspecte noi, interesante, care nu se pot obține numai din (2).

4. Termenul caracteristic. Dezvoltarea polinomului (8) conține termeni alcătuiți cu numere variabile de simboluri generale; ei reprezintă toate combinațiile posibile cu s elemente; la formarea termenilor intervine și faptul că exponenții — pozitivi, întregi — iau și valori diferite de unitate și se permută; ei admit și valori nule. Astfel, în cazul particular al teoremei lui Fermat, primul membru (8) devine un binom, iar dezvoltarea lui are forma dată de Newton:

$$x_1^m + k_1 x_1^{m-1} x_2 + k_2 x_1^{m-2} x_2^2 + k_3 x_1^{m-3} x_2^3 + \ldots = y_1^m; \tag{10}$$

termenii dezvoltării conțin, evident, numai cele două simboluri generale x_1 și x_2, separate sau produsul lor, la diverse puteri (acestea nu intervin în cadrul analizei de față).

În cazul trinomului, dezvoltarea pentru $m = 2$ conține termeni cu cîte un singur simbol general, precum și produse de cîte două simboluri generale (ca în cazul binomului ridicat însă la orice putere); cînd $m = 3$, în dezvoltarea (9) apare în plus produsul tuturor celor trei simboluri generale; pentru $m \geqslant 4$ nu pot să apară produse cu mai mult de trei simboluri generale; termenii se diferențiază însă prin valorile exponenților.

Se notează cu s^* numărul simbolurilor generale dintr-un termen al dezvoltării; valoarea lui s^* este variabilă; cînd $m = s$, se formează termenul cu numărul maxim de simboluri generale, la puteri unitare; rezultă relația

$$(s^*_{max})_{m=s} = m = s. \tag{11}$$

Pentru $m > s$, valoarea s^*_{max} nu se mai schimbă, dar exponenții devin supraunitari.

Această constatare se corelează cu cele prezentate la pct. 1. PRAGUL care desparte egalitățile (3) de inegalitățile următoare se caracterizează deci și prin termenul cu numărul maxim de simboluri generale la puteri unitare s^*_{max}, care intervine în dezvoltarea polinomului cu s simboluri generale ridicat la puterea $m = s$; acesta este „termenul caracteristic".

5. Ecuația dimensională locală. Pe de altă parte, din relațiile (1) și (10) rezultă:

$$k_1 x_1^{m-1} x_2 + k_2 x_1^{m-2} x_2^2 + k_3 x_1^{m-3} x_2^3 \ldots + y^m = y_1^m. \tag{12}$$

În toate produsele de puteri din primul membru al relației (12) intervine „baza" unică $x_1 x_2$, care este independentă de valoarea m. Această bază unică se constituie drept „dimensiune" a variabilei y, care alcătuiește ea singură un termen din același membru al relației (12). În cazul trinomului ($s = 3$), baza unică are forma $x_1 x_2 x_3$ etc. Astfel:

— pentru $s = 2$ termeni

$$\begin{aligned} &(x_1 + x_2)^2 = \mathbf{x_1^2} + \mathbf{2x_1x_2} + \mathbf{x_2^2} \\ &(x_1 + x_2)^3 = x_1^3 + 3x_1^2x_2 + 3x_1x_2^2 + x_2^3 \\ &(x_1 + x_2)^4 = x_1^4 + 4x_1^3x_2 + 6x_1^2x_2^2 + 4x_1x_2^3 + x_2^4 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

— pentru $s = 3$ termeni (13)

$$\begin{aligned} &(x_1 + x_2 + x_3)^2 = x_1^2 + 2x_1x_2 + 2x_1x_3 + 2x_2x_3 + x_2^2 + x_3^2 \\ &(x_1 + x_2 + x_3)^3 = \mathbf{x_1^3} + 3x_1^2x_2 + 3x_1x_2^2 + \ldots + \mathbf{x_2^3} + \mathbf{6x_1x_2x_3} + \mathbf{x_3^3} \\ &(x_1 + x_2 + x_3)^4 = x_1^4 + 4x_1^3x_2 + \ldots + 6x_1^2x_2^2 + \ldots + 12x_1^2x_2x_3 + \ldots \\ &(x_1 + x_2 + x_3)^5 = x_1^5 + 5x_1^4x_2 + \ldots + 10x_1^3x_2^2 + \ldots + 30x_1^2x_2^2x_3 + \ldots \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

etc.

Faptul are valabilitate generală și deci se poate scrie:

$$[y] = [x_1\, x_2\, x_3 \ldots x_s]. \tag{14}$$

Relația (14) completează cele arătate la pct. 2, cu precizarea că „dimensiunea" întregului y rezultă din produsul întregilor $x_1, x_2, \ldots$

Întrucît pentru variabilele independente

$$[x_1] = I, \qquad [x_2] = I \text{ etc.}, \tag{15}$$

din (14) rezultă imediat că:

$$[y] = I^s; \tag{16}$$

această relație poate fi denumită — prin analogie cu noțiunea din fizică — ECUAȚIE DIMENSIONALĂ LOCALĂ; este locală deoarece forma ei variază cu parametrul s.

Se precizează că natura întreagă a variabilelor $x_1, x_2, \ldots, x_s$ și y nu este afectată de faptul că ecuațiile lor dimensionale sînt diferite.

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTI ÉS KÖNYVTÁR 1883

Ecuația dimensională locală este un concept nou; ea diferențiază relațiile dimensionale (1) și (2) în funcție de numărul termenilor s. Dacă variabilele $x_1, x_2, \ldots, x_s$ și y ar avea aceeași ecuație dimensională I — ceea ce rezultă cînd se ia în considerare numai natura întreagă a valorilor pe care le admit, fără contextul relației respective — nu se poate obține diferențierea cazurilor particulare. Natura întreagă a variabilelor și ecuațiile lor dimensionale sînt concepte distincte. **Omogenitatea în I a ecuațiilor (1) și (2) trebuie să fie analizată pe baza ecuațiilor dimensionale locale.**

6. Gradul de omogenitate matematică. În cadrul celor de mai sus, gradul de omogenitate matematică al ecuațiilor (1) și (2) — adică exponentul de mărime m- — este în realitate produsul a doi factori, și anume: exponentul de dimensiune, care intervine în ecuațiile dimensionale locale ale variabilelor, și exponentul de omogenitate, care se datorește omogenității ecuației. Această interpretare marchează deosebirea caracteristică dintre forma dimensională a diverselor ecuații (1) sau (2); astfel, în cazul general se poate scrie:

$$(I^1)^\alpha = (I^1)^\beta = \ldots = (I^s)^\sigma, \tag{17}$$

în care exponenții 1 și s afectați întregului I sînt exponenți de dimensiune, iar $\alpha, \beta, \ldots, \sigma$ sînt exponenți de omogenitate. Este desigur evident că valorile exponenților trebuie să satisfacă condiția

$$\alpha = \beta = \ldots = s\sigma = m. \tag{18}$$

Asemănarea cu analiza dimensională generală

7. Monomul specific. Se știe că relațiile fizice trebuie să fie omogene dimensional. În baza acestei condiții de omogenitate dimensională, se stabilesc relații fizice corecte. Acest procedeu de analiză dimensională este cunoscut și se aplică după necesități. Autorul a dezvoltat analiza dimensională generală, care este o noutate.

Se ia în considerare o listă exactă de mărimi fizice dimensionale $A, B, C, \ldots, P$. Dacă variabila dependentă are o ecuație dimensională, iar funcția este omogenă dimensional, există un produs de puteri astfel ca:

$$[P] = [A^a B^b C^c \ldots]. \tag{19}$$

Se demonstrează că exponenții de mărime $a, b, c, \ldots$ iau valori pozitive, întregi, minime, care satisfac ecuațiile condiției de omogenitate dimensională a relației (19), rezolvate în ordinea creșterii numărului de termeni (mărimea P trebuie să aibă și ea un exponent necunoscut, cînd se aplică această metodă). Relația (19) are forma de monom.

În ipoteza că mărimile listei sînt toate fundamentale, relația monom (19) reprezintă totodată forma generală pentru ecuațiile dimensionale ale mărimilor fizice.

Se constată că intervine în ambele domenii un MONOM SPECIFIC, alcătuit din variabilele prezente la puteri pozitive, întregi, minime; el constituie relații corecte (egalități) în fizică și marchează pragul dintre egalități și inegalități în cazul teoremelor Fermat-Euler. Forma de monom o au și ecuațiile dimensionale din ambele domenii.

Omogenitatea relațiilor se descrie cu ecuații algebrice identice în ambele situații. Există, de asemenea, analogie și cu ecuațiile care descriu reacțiile chimice și nucleare.

Invitație

Autorul are încredere deplină în puterea de creație a spiritului omenesc, neexcluzînd marea/ultima teoremă a lui Fermat.

Specialiștii care vor considera că abordarea prezentată în lucrarea de față a teoremelor Fermat-Euler prezintă interes, sînt invitați la un dialog, în vederea realizării unui progres; însăși oponența exprimată va fi apreciată.

Tuturor celor care vor interveni într-un mod util referitor la această temă, le mulțumesc anticipat.

★

Autorul își exprimă mulțumirile pentru interesul deosebit acordat de către prof. dr. ing. Cornel Samoilă, de la Universitatea din Brașov, care la solicitarea redacției revistei a avizat această lucrare.

Bibliografie

[1] Postnikov, M. M.: *Despre teorema lui Fermat.* Editura didactică și pedagogică, București, 1983.

[2] Ribenboim, P.: *13 Lectures on Fermat's Last Theorem.* Springer Verlag, New York Heidelberg Berlin, 1979.

[3] Staicu, C. I.: *Restricted and General Dimensional Analysis.* Abacus Press, Tunbridge Wells, Kent, Anglia, 1982.

(Primit la 5 septembrie 1983, acceptat la 29 decembrie 1983)

Recenzie

T. COCÎRLĂ și G. POCINOG. **Metode și tehnici moderne folosite în conducerea și organizarea întreprinderilor**. Editura Facla Timișoara — 1983, 408 p.

Utilizarea mai eficientă a resurselor materiale și umane de care dispun unitățile economice din țara noastră depinde esențial de folosirea pe scară largă a unor metode și tehnici noi, moderne, în activitatea de organizare și conducere a întreprinderilor.

Lucrarea pe care o prezentăm se înscrie tocmai în acest domeniu al teoriei și practicii organizării și conducerii unităților economice, tematica ei fiind axată pe problemele cele mai importante cu care se confruntă la ora actuală, în activitatea lor, întreprinderile industriale din țara noastră.

Creșterea continuă a complexității activității întreprinderilor, accentuarea gradului de intercondiționare și interdependență dintre diferitele unități de producție și dintre diferitele activități ale întreprinderilor, ca și amplificarea legăturilor dintre verigile organizatorice-administrative ale industriei, implică necesitatea abordării într-o concepție modernă, sistemică a organizării și conducerii acestora, prin considerarea lor ca sisteme de producție cibernetico-industriale.

Abordînd principalele coordonate ale acestor sisteme, lucrarea pe care o recenzăm reprezintă fără îndoială o importantă contribuție la aprofundarea acestui domeniu de mare actualitate în țara noastră.

Scrisă sub forma unui manual, cartea este structurată pe opt capitole, care integrează o problematică amplă și diversă privind metodele și tehnicile moderne folosite în conducerea și organizarea întreprinderilor.

Astfel, în capitolul 1, care tratează conducerea și organizarea sistemelor industriale, sînt prezentate și analizate următoarele probleme: sisteme de producție cibernetico-industriale, metode moderne generale ale conducerii, metode specifice de conducere și organizarea sistemelor industriale.

Capitolul 2 este destinat metodelor folosite în studiul amplasării utilajelor și locurilor de muncă — probleme de mare actualitate în cadrul întreprinderilor industriale — și care solicită o rezolvare modernă, eficientă. Principalele metode folosite în studiul amplasării utilajelor, prezentate în cadrul acestui capitol, sînt: metoda verigilor, metoda gamelor fictive, metoda taxonomiei, metoda solicitărilor cantitative, metoda Cameron, metoda Electre ș.a.

Tot în cadrul aceluiași capitol sînt prezentate metodele folosite la echilibrarea liniilor de producție în flux: metode matematice de rezolvare a problemei echilibrării liniilor în flux (metoda programării liniare în numere întregi, utilizarea metodelor în rețea, folosirea metodelor euristice).

Capitolul 3 al lucrării se ocupă de analiza valorii ca metodă de cercetare-proiectare sistemică a produselor. După prezentarea obiectivelor analizei valorii, în cadrul capitolului 3 al cărții sînt aplicate conceptele acestei analize pentru un caz concret al unei întreprinderi de motoare electrice.

Capitolul 4 al cărții abordează problematica lucrului la mai multe mașini, ca metodă de organizare eficientă a producției și muncii. După o scurtă introducere referitoare la problemele creșterii productivității muncii și a gradului de utilizare a capacităților de producție prin organizarea lucrului la mai multe mașini,în cadrul unui sistem de producție, se prezintă aplicarea metodei într-o întreprindere constructoare de mașini, după care sînt analizate următoarele aspecte ale metodei: eficiența organizării lucrului la mai multe mașini, posibilitățile de optimizare a lucrului la mai multe mașini, precum și posibilitățile de utilizare a calculatorului electronic în cazul lucrului la mai multe mașini.

Capitolul 5 al lucrării se ocupă de aplicarea teoriei firelor de așteptare și a tehnicii moderne de calcul în cadrul sistemelor de producție. După cum se cunoaște, bazele teoretice ale teoriei firelor de așteptare sînt amplu tratate în literatura de specialitate. În cadrul acestui capitol al lucrării autorii insistă asupra aplicării acestei teorii cu rezultate favorabile în activitatea de organizare și conducere a sistemelor de producție.

Astfel sînt de o certă valoare aplicațiile acestei teorii în activitatea de întreținere și reparații a mașinilor și utilajelor, în activitatea de deservire a depozitelor și magaziilor, în cazul lucrului la mai multe mașini, precum și în alte activități în care pot să apară fenomene de așteptare, cum ar fi: activitatea de transport intern (încărcarea și descărcarea vagoanelor), aprovizionarea cu materii prime a unui depozit, supravegherea mașinilor automate, dimensionarea optimă a formațiilor de lucru ș.a. În cadrul capitolului, după cîteva considerații generale, se prezintă rezolvarea modelelor matematice ale teoriei firelor de așteptare pe cale manuală și cu ajutorul calculatorului electronic, dimensionarea optimă a formațiilor de lucru de întreținere din cadrul unei secții. Concluzia de bază care se desprinde din conținutul acestui capitol este necesitatea abordării curajoase, cu ajutorul tehnicii moderne de calcul cu care sînt dotate întreprinderile din țara noastră, a aplicațiilor teoriei firelor de așteptare cu implicații economice favorabile pentru orice întreprindere industrială. Pentru aceasta este însă necesar ca întreprinderile să dispună de o evidență corectă și bine pusă la punct, respectiv un sistem informațional corespunzător.

Capitolul 6 al lucrării este rezervat metodelor și tehnicilor moderne folosite în teoria stocurilor și cuprinde următoarea problematică: modele matematice utilizate în teoria stocurilor (modele statistice deterministe, modele aleatoare ale teoriei stocurilor), folosirea tehnicii moderne de calcul în teoria stocurilor (model matematic generalizat determinist pentru optimizarea evoluției stocului, model matematic cu cerere aleatoare pentru determinarea stocului optim al pieselor de siguranță, model matematic pentru determinarea stocului optim în cazul apariției rupturii de stoc). Capitolul se încheie cu prezentarea proceselor de stocare în cadrul unei întreprinderi constructoare de mașini ca aplicație practică concretă a teoriei expuse mai înainte.

Capitolul 7 al cărții se ocupă de folosirea metodelor de programare și control în rețea la conducerea producției și se referă la următoarea problematică: metode de programare și control în rețea, C.P.M. (Critical Path Method) — metodă fundamentală de programare și control în rețea, metoda potențialelor (M.P.M), metoda Perth, analiza costului, alocarea și nivelarea resurselor, utilizarea calculatoarelor electronice.

Capitolul se încheie cu prezentarea aplicării metodelor de programare și control în rețea pentru sistemele de producție: utilitatea metodelor de programare și control în rețea, aplicarea metodei drumului critic în activitatea de reparații a utilajelor siderurgice, folosirea metodei Perth la reparația utilajelor siderurgice, conducerea operativă a proceselor de producție individuale prin metoda drumului critic, folosirea metodelor de programare și control în rețea pentru activitatea de conducere și planificare a asimilării de produse noi, aplicarea metodelor de programare și control în rețea la conducerea unor lucrări de mare complexitate.

Capitolul 8 abordează programarea matematică și teoria uzurii folosite în conducerea sistemelor de producție. Pornind de la faptul că una din cerințele de bază ale unei conduceri eficiente o constituie folosirea metodelor matematice și a tehnicii de calcul în optimizarea activității sistemelor de producție, în cadrul acestui ultim capitol al cărții sînt prezentate programarea matematică și teoria uzurii echipamentelor industriale privite sub aspectul aplicațiilor la întocmirea unui program optim de transport, la repartizarea sarcinilor pe locurile de muncă în cadrul producției de serie, la optimizarea deciziilor.

În continuare se prezintă folosirea tehnicii moderne de calcul în rezolvarea problemelor de programare liniară, modelul matematic ce permite determinarea unui program optim de reparații pentru utilajele de mare complexitate și, în final, uzura aleatorie a echipamentelor industriale.

Trecerea succintă în revistă a conținutului cărții scoate în evidență faptul că aceasta integrează cunoștințe interdisciplinare de natură tehnico-economică

de o foarte mare actualitate pentru stadiul de dezvoltare și evoluție a întreprinderilor industriale din țara noastră.

Într-adevăr, faptul că la ora actuală nu se aplică pe scară largă, la nivelul întregii economii, unele metode și tehnici noi, moderne, cunoscute deja în țară și străinătate, nu poate să aibă decît o influență negativă asupra activității întreprinderilor industriale. Perfect ancorată în politica partidului și statului nostru privind creșterea productivității muncii, cartea se adresează în egală măsură atît inginerilor, cît și economiștilor, studenților, specialiștilor din întreprinderile industriale care se ocupă cu probleme de conducere și organizare a producției, precum și celor ce urmează cursuri postuniversitare în domeniul tehnicilor moderne de pregătire și luare a deciziilor, precum și de urmărire a aplicării acestora.

Lucrarea este cu atît mai valoroasă și utilă cu cît, așa cum s-a văzut, conținutul ei se conjugă perfect cu eforturile care se fac astăzi în țara noastră în domeniul informatizării complete a întreprinderilor — cale fundamentală pentru creșterea productivității muncii și a îmbunătățirii calității produselor și serviciilor.

Trăsătura esențială a lucrării constă în îmbinarea fericită între teorie și aplicația practică concretă, gen studiu de caz. Aceasta conferă lucrării calități didactice și științifice deosebite în legătură cu utilitatea sa ca un manual indispensabil al conducătorului de întreprindere, indiferent de profilul acesteia. Cartea are la bază o amplă bibliografie (82 de referințe bibliografice) la care se adaugă contribuția prestigioasă originală, inedită a autorilor, a experienței acestora acumulată în producție și în învățămînt de-a lungul anilor.

Constituind în același timp o veritabilă pledoarie pentru întrebuințarea pe scară largă a unor metode și tehnici noi, moderne în conducerea și organizarea producției, lucrarea se situează, prin conținut și formă, la un înalt nivel științific.

Toate acestea ne dau certitudinea unei primiri deosebit de bune din partea cititorilor acestei lucrări, subliniind în același timp meritul Editurii Facla din Timișoara care a dat curs publicării acesteia.

Ing. Romulus Sfichi

C. SAMOILĂ, L. DRUGĂ, L. STAN — **Cuptoare și instalații de încălzire**, E.D.P. București, 1983, 431 pag., 375 fig., 80 tab., 6 anexe și 64 ref. bibl.

Formarea unor specialiști de înaltă calificare, în lumina sarcinilor actuale și de viitor, impune pregătirea acestora cu cele mai noi cuceriri ale științei și tehnicii și implantarea în conștiința lor profesională a unor comandamente impuse de mersul înainte al societății omenești, de cerințele și posibilitățile materiale și spirituale ale omenirii.

Cartea pe care o recenzăm, recent apărută, vine în întîmpinarea dezideratului de mai sus, prin faptul că înarmează inginerii din sectoarele calde de prelucrare a metalelor cu simțul concret al economiei de energie, respectiv al economisirii prin toate mijloacele a combustibililor, indiferent de starea fizică în care se găsesc, solidă, lichidă sau gazoasă.

Structurată în 13 capitole, cartea tratează la nivel superior, pe baza consultării unei bogate bibliografii, precum și a cercetărilor și experienței proprii și îndelungate a autorilor ei, erudiți specialiști în domeniul prelucrărilor la cald, problemele moderne ale teoriei, calculului, proiectării, execuției, exploatării, întreținerii și recondiționării cuptoarelor și instalațiilor de încălzire.

Plecînd de la obiectivul energetic al actualului cincinal, acela al realizării independenței energetice a țării noastre, în carte se accentuează utilizarea în activitatea de inginerie tehnologică din sectorul prelucrării metalelor, a celor mai moderne metode, eficiente energetic, în proiectarea, execuția și exploatarea cuptoarelor cu randamente superioare, a recuperatoarelor de căldură și metodelor de automatizare, care să asigure un control și conducere riguroasă a proceselor termice.

În cuprinsul cărții sînt tratate, cu date de detaliu, problemele referitoare la bazele teoretice ale producerii și schimbului de căldură, al gazodinamicii din cuptoarele și instalațiile de încălzire.

Autorii acordă un amplu spațiu calculului și construcției sistemelor de încălzire, bilanțului termic al cuptoarelor, recuperării căldurii produselor arderii din cuptoare, precum și controlului și reglării parametrilor proceselor termo și gazodinamice din cuptoarele și instalațiile de încălzire.

Autorii aduc la zi problemele tehnice referitoare la construcția, structura, funcționarea și exploatarea cuptoarelor destinate turnătoriilor (cubiloul, cuptoarele electrice cu arc și cele cu inducție), secțiilor de laminare și forjă (cuptoare adînci, cu propulsie, cu vatră pășitoare, cu vatră rotativă ș.a.), sectoarelor pentru tratamente termice și termochimice ș.a. Capitole separate sînt acordate studiului uscătoarelor industriale, respectiv instalațiilor pentru producerea atmosferelor controlate.

Bogăția datelor prezentate grafic în cele 375 figuri și cele 60 de tabele, vin să întregească armonios textul scris, realizîndu-se în final un elaborat de o deosebită valoare științifică, utilă atît studenților, cît și specialiștilor din proiectarea și exploatarea cuptoarelor și instalațiilor de încălzire.

Remarcăm în mod deosebit, prezentarea pe tot parcursul cărții, a realităților industriale din întreprinderile românești, ca rod al gîndirii și creației științifico-tehnice valoroase a colectivelor de specialiști din patria noastră.

Este o carte care se citește cu plăcere și care oferă satisfacții la aplicarea în practică a ideilor novatoare și de viitor pe care le cuprinde.

Conf. univ. dr. ing. I. Curtu

Abonați-vă la

Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veți fi bine informați, în principal asupra activității din domeniul energetic din țara noastră precum și din alte țări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil și de energie electrică în centralele electrice, reducere și eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în rețelele electrice, creștere a siguranței în funcționarea sistemului energetic și a elementelor acestuia, extindere și creștere a eficienței termoficării, creștere a productivității muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecție a mediului înconjurător și a instalațiilor energetice, surse noi, reînnoibile și noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmărește, de asemenea, informarea specialiștilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid și de stat, noutăților tehnice din țară și din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic și în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

★

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participați la schimbul de idei și de experiență, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii românești.

. . . . . .

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea
Subsemnatul . . . . . Cod SIRUIES . . . . . .

din localitatea . . . . . str. . . . . nr. . . . . bl. . . .

sc . . . . . et. . . . . ap. . . . sect . . . . cod poștal . . . . . telefon . . . . . .

. . . . . .județul . . . . . .solicit . . . . . abonament(e) care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei . . . . . am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01., BN RSR fil. 3, București, cod 74568, prin m.p.nr. . . . . din . . . . . sau la casieria ICEMENERG / REDACȚIEI cu chitanța. . . . . nr . . . . . din . . . . . .

Data . . . . . .

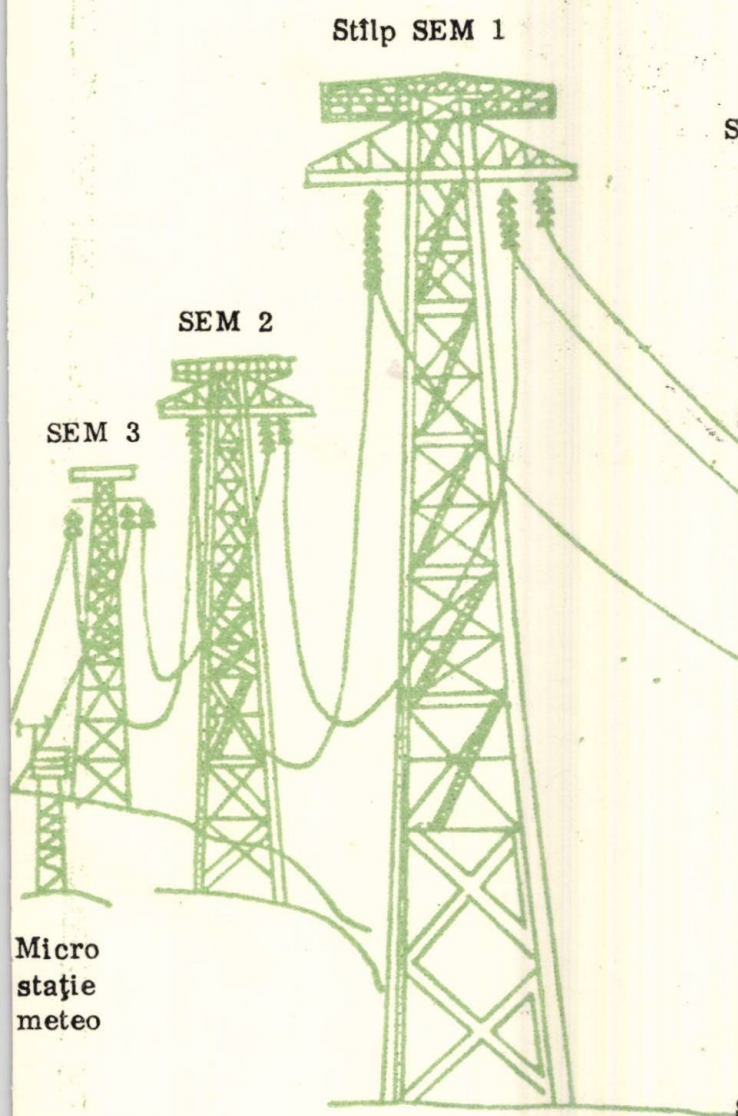
Semnătura . . .

. . . . . .

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

STANDUL SEMENIC PENTRU STUDIUL INFLUENTEI FACTORILOR METEOROLOGICI ASUPRA LEA



Standul Semenic este situat la 1400 m altitudine într-o zonă cu frecvente depuneri de gheaţă (90 zile/an) şi un vînt constant cu caracter laminar,

Standul Semenic este destinat studierii corelaţie între fenomenele meteo-climatice şi eforturil din elementele constructive ale LEA.

Standul Semenic permite echiparea cu 1...5 con ductoare/fază cu secţiuni 185-450 mmp oţel-aluminiu şi are dispozitive de măsură şi re-glare a eforturilor din stîlpi, console, izola-toare, conductoare.

* * *

Standul Semenic este construit de Grupul de şan tiere electromontaj Banat şi exploatat de ICEMENERG, fiind proprietatea IRE Timişoa ra.

1984 JUL 12

Trustul de Construcții Hidroenergetice BUCUREȘTI

TCH

A EXECUTAT

61 BARAJE de următoarele tipuri :

39 DE GREUTATE DIN BETON — printre care :
- . BICAZ H = 127 m ; volum beton = 1,6 mil m^3

13 DE BETON IN ARC — printre care :
- . VIDRARU H = 166,6 m ; volum beton = 480 mii m^3

3 DE BETON CU CONTRAFORTI — printre care :
- . POIANA UZULUI h = 80,5 m ; volum beton = 720 mii m^3

6 DE ANROCAMENTE — printre care :
- . VIDRA H = 121 m ; volum anrocamente = 3,5 mil m^3

59 CENTRALE HIDROELECTRICE de tipul :

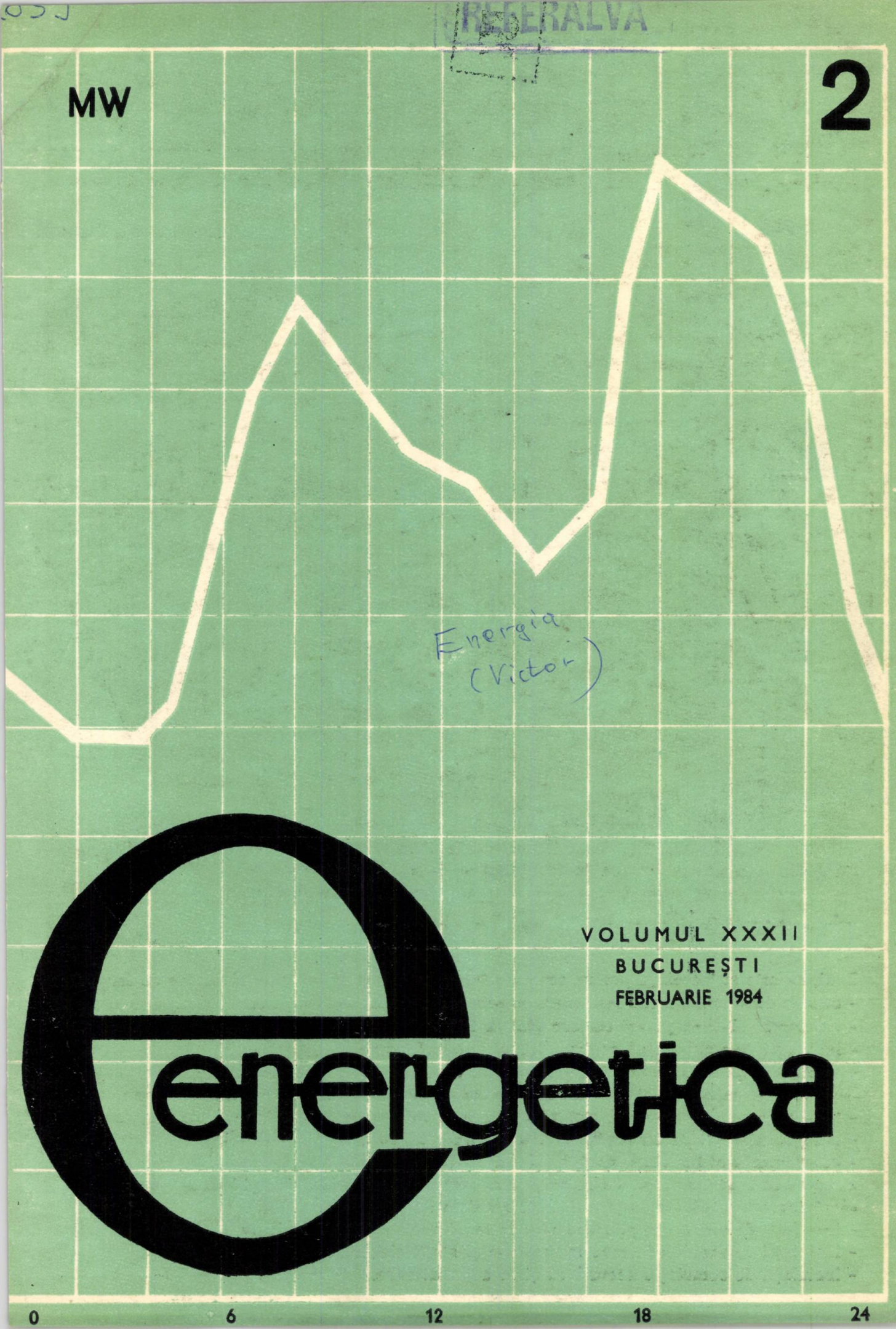
5 SUBTERANE — printre care :
- . LOTRU CIUNGET, P_i = 510 MW

24 BARAJE — printre care :
- . PORTILE DE FIER I, P_i = 1050 MW (partea Română)

23 DE DERIVATIE — printre care :
- . BICAZ, P_i = 210 MW

7 LA PICIORUL BARAJULUI — printre care :
- . TARNITA, P_i = 45 MW

REFERALVA

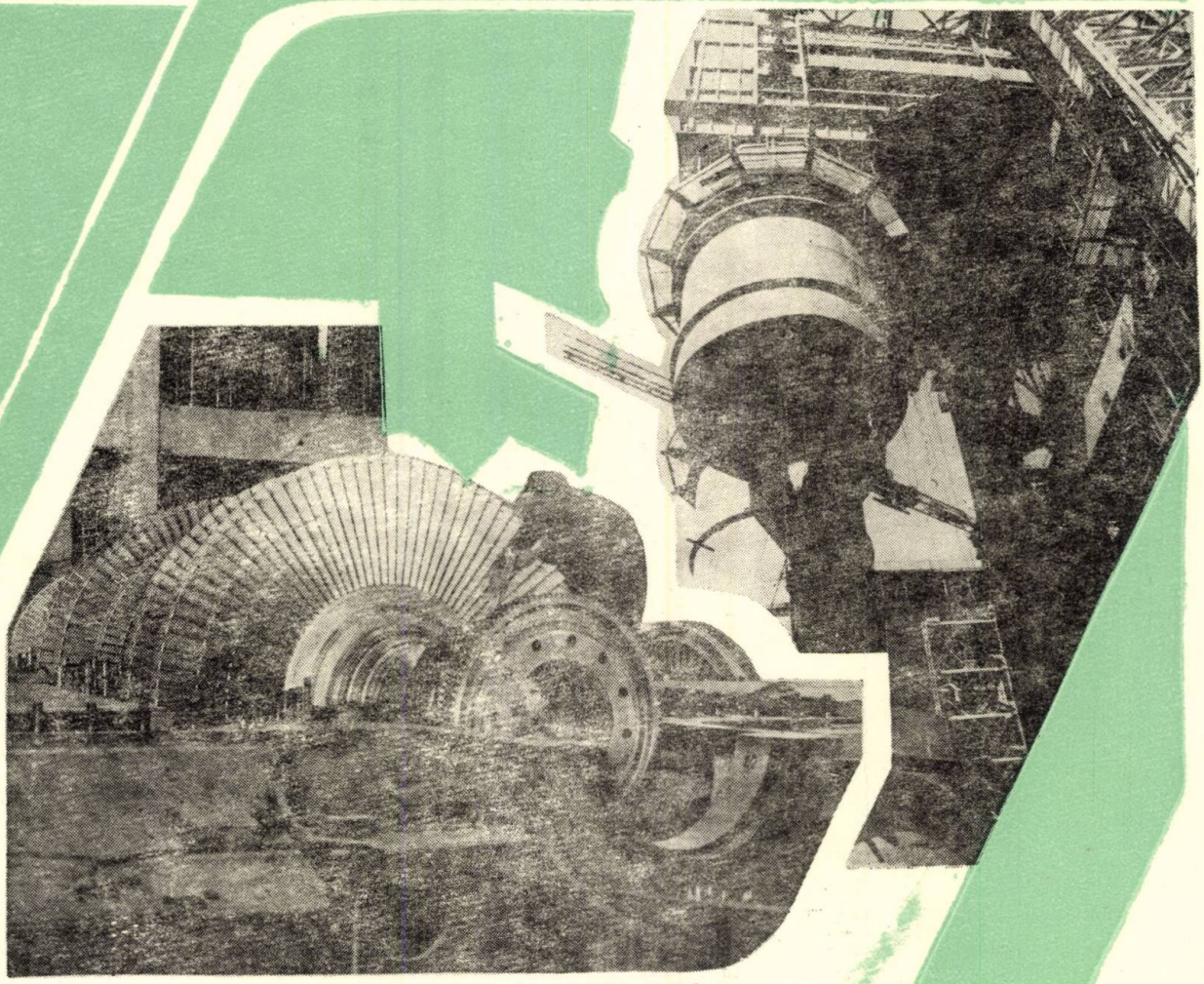


Energia (Victor)

energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREȘTI
FEBRUARIE 1984

TRUSTUL ENERGOMONTAJ



Execută montarea, punerea în funcţiune şi darea în exploatare a echipamentelor şi instalaţiilor energetice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice

Echipamente şi instalaţii pentru centrale termoelectrice şi centrale electrice de termoficare
- **cazane de abur de mare capacitate şi parametri înalţi de funcţionare**
- **turbine cu abur de puteri unitare pînă la 345 MW**
- **instalaţii de combustibil pentru cărbuni, păcură, gaze**
- **alte instalaţii termomecanice şi mecanice aferente centralelor termoelectrice.**

Echipamente şi instalaţii pentru centrale hidroelectrice şi instalaţii hidrotehnice :
- **turbine hidraulice de orice tip, pînă la puteri unitare de 176 MW, conducte forţate**
- **echipamente şi alte instalaţii pentru centrale hidro şi termoelectrice**
- **echipamente şi instalaţii pentru ecluze.**

Echipamente şi instalaţii electrice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice, staţii electrice şi instalaţii speciale :
- **instalaţii de comutaţie primară pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv**
- **instalaţii de servicii interne în centrale şi staţii electrice**
- **instalaţii de comutaţie secundară şi de automatizare.**

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTI KÖNYVTÁR 1883

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 32 **2** FEBRUARIE 1984

Cuprinsul

ARTICOLE

Şt. Gadola, Al. Mathe: **Posibilitatea valorificării la maximum a capacităţii de transport a liniilor electrice subterane care funcţionează în regim variabil cu o sarcină ciclică zilnică** 53—57

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, N. V. Boţan, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu C. Huţan, C. Mihăileanu, D. Potlog: **Dispozitive şi instalaţii de comandă, menţinere în funcţionare şi optimizare a unor procese ale sistemelor de acţionare cu motoare sincrone. II. Instalaţia SINCROOPT, varianta a II-a** 57—64

Şt. Nibeleanu: **Explozivitatea prafurilor şi măsuri de prevenire a exploziilor sau efectelor acestora** 65—77

A. Ruiu: **Valorificarea căldurii deşeu din industrie cu ajutorul grupurilor turbogeneratoare cu fluide organice** 78—81

A. Leca, Minodora Leca: **Aplicarea efectului TOMS la reducerea consumului de energie de pompare a lichidelor** 81—87

C. Brătianu, I. Giosan, D. Popescu: **Rezolvarea ecuaţiilor transcendente şi criteriale folosite în termoenergetică cu ajutorul metodelor numerice iterative (II)** (cu prezentare în limba engleză) 87—92

INVENŢII — INOVAŢII 93—94

RECENZIE 94—95

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M.Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon: 20 67 30; 21 46 30

Cd. 1834

I. P. Informaţia, str. Brezoianu, nr. 23—25, Bucureşti, sector 1.

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ing. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomîrleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG

M. David — şef Oficiu de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R., Fil. Sector 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona adresîndu-se la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă. P.O. Box 136—137, telex : 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie, nr. 3

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

СОДЕРЖАНИЕ

Шт. Годола, Ал. Матхе: **Возможность максимального использования транспортной способности подземных ЛЭП, действующих в переменном режиме, с ежедневной циклической нагрузкой** 53—57

Г. Ижак, Г. Чепою, М. П. Диаконеску, Г. Савитеску, Н. В. Боцан, К. Михэйляну, Д. Потлог: **Приспособления и установки для управления, поддержки в эксплуатации и оптимизации некоторых процессов систем синхронного привода. II. УстановкаСИНКРО ОПТ — II-ой вариант** 57—64

Шт. Нибеляну: **Взрывные свойства пылей и мероприятия по предупреждению взрывов или их эффектов** 65—77

А. Рую: **Использование отходного тепла в промышленности, с помощью турбогенераторских агрегатов с органическими агентами** 78—81

А. Лека, Минодора Лека: **Использование эффекта ТОМС для снижения расхода энергии в транспорте жидкостей** 81—87

К. Брэтиану, И. Жосан, Д. Попеску: **Решение трансцендентных и критериальных уравнений, используемых в теплоэнергетике, с помощью численных итеративных методов (II)** (с изложением на англйиском языке) 87—92

ИЗОБРЕТЕНИЯ — НОВАТОРСТВА 93—94

РЕЦЕНЗИИ 94—95

INHALTSVERZEICHNIS

Şt. Gadola, Al. Mathe : **Die Möglichkeit der maximalen Bewertung der Transportfähigkeit der unterirdischen in variablem Regime arbeitenden Elektroenergieleitungen mit einer täglichen zyklischen Last** 53—57

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, N. V. Boţan, C. Mihăileanu, D. Potlog : **Einrichtungen und Anlagen zur Steuerung, Inbetriebhalten und Optimierung einiger Prozesse der Antriebssysteme mit Synchronmotoren. Die Anlage SINCROOPT, die zweite Variante** 57—64

Şt. Nibeleanu : **Die Explosionsfähigkeit der Stäube und Massnahmen zur Vorbeugung der Explosionen oder ihrer Auswirkungen** 65—77

A. Ruiu : **Die Verwertung der industriellen Abwärme anhand der Turbogeneratorblöcke mit organischen Fluiden** 78—81

A. Leca, Minodora Leca : **Die Anwendung des Effektes TOMS zur Herabsetzung des Energieverbrauchs für das Pumpen der Flüssigkeiten** 81—87

C. Brătianu, I. Giosan, D. Popescu : **Lösungen für transzendentale und kriterielle Beziehungen angewendet in der Wärmeenergiewirtschaft anhand der numerischen iterativen Methoden II** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 87—92

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 93—94

REZENSIONEN 94—95

SOMMAIRE

Şt. Gadola, Al. Mathe : **La possibilité de la mise en valeur au maximum de la capacité de transport des lignes électriques souterraines qui fonctionnent en régime variable à charge cyclique journalière** 53—57

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, N. V. Boţan, C. Mihăileanu, D. Potlog : **Dispositifs et installations de commande, maintien en fonctionnement et optimisation de quelques opérations du système d'actionnement à moteurs synchrones. L'installation SINCROOPT. La deuxième variante** 57—64

Şt. Nibeleanu : **L'explosivité des poussières de prevention des explosions ou de leurs effets** 65—77

A. Ruiu : **Mise en valeur de la chaleur résiduelle de l'industrie à l'aide des groupes turbogénérateurs à fluides organiques** 78—81

A. Leca, Minodora Leca : **L'application de l'effet TOMS à la réduction de la consommation d'énergie de pompage des liquides** 81—87

C. Brătianu, I. Giosan, D. Popescu : **La résolution des équations transcendentes et criterielles utilisées en thermoénergétique è l'aide des méthodes numériques itératives (II)** (à présentation en anglais) 87—92

INVENTIONS-INNOVATIONS 93—94

COMPTE-RENDUS 94—95

SUMMARY

DC 621.3.05 ;621.315.23

Șt. Gadola, Al. Mathe : **The Possibility for a Maximal Revaluation of Underground Electric Cables Transmission Capacity Operating Under Variable Regime with a Daily Cyclic Load**

The calculation methodology of a cyclic load factor, factor by which the daily cyclic current whose maximum value is equal to the nominal cable current, can be multiplied thus that the conductor should reach and not surpass the maximum admissible value. The cyclic daily load factor calculation can be performed using the daily cyclic load curves and the geometric and material cable characteristics. As a result of the calculations performed and exemplified in the paper for several load curves types results the possibility of a duration overloading of power cables mainly of those which supply consumers working in one or two shifts.

[*Energetica* 32 (1984), nr. 2, p. 53—57]

DC 621.313.323.004.1

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, N. V. Boțan, C. Mihăileanu, D. Potlog : **Equipment and Installation for the Control, Operation and Optimization of Synchronous Motors Driving Systems II. The SINCROOPT Instalation, the Second Version**

The SINCROOPT equipment and installations for the drive-control and automation of the synchronous motors driving systems presented here, maintain the driving systems in operation even in the case of passing momentary disturbances in order to maintain the operation stability of the technological processes they are part of.

Thus, the raw materials and energy losses owing to these disturbances can be prevented.

The installations perform the potimizing of some of the specific synchronous motors processes and consequently the transient regimes improvement of the synchronous motors drive during the start-ups and certain momentary disturbances. The mechanical, thermal and electrodynamic constraints of these regimes are limited. Another advantage is an increase of the operation stability of the drives analysesd during the micro-outswitchings of up to 7 seconds and can induce the supply voltage decrease of less than 50 % of the rate value, within more than 10 seconds.

[*Energetica* 32 (1984), *nr.* 2, p. 57—64]

DC 08.621.311.22/23 ; 662.54/66

Șt. Nibeleanu ; **The Explosivity of Dusts and Measures to Prevent Explosions and Their Effects**

The paper analyzes the factors leading to the initiation of suspended dusts explosion and which determine its intensity. The propagation of explosion in bunkers connected by pipes is studied and measures to prevent the effects of explosions and the possibility to choke an explosion immediately after initiation are given.

[*Energetica* 32 (1984), *nr.* 2, *p.* 65—77]

DC 621.313.12 ;662.99

A. Ruiu : **Waste Heat Recovery in Industry With Turbomachines Using Organic Fluids**

Waste heat can be utilized as an alternative to the rising costs and shortage of fossil fuels.

Recovery of heat from elevated-temperature streams by the generation of steam is the most widely used method but seldom perfoimed, due to the fact that it is difficult to find a use for heat in the facility itself.

The recovery of discharged thermal energy for producing mechanical or electric energy is much more interesting, the mechanical power and electricity being used in the plant itself.

The paper briefly evaluates the potential of waste heat in large process plants in Romania and proposes some organic fluids for a special turbine operating in a Rankine cycle.

[*Energetica* 32 (1984), *nr.* 2, *p.* 78—81]

DC 620.9.004.1

A. Leca, Minodora Leca : **Using the TOMS Effect for Decreasing the Energy Consumption During Pumping of Liquids**

The paper presents a synthesis of researches carried out in general and the contribution of the authors for using the TOMS effect for decreasing pressure losses during additivate liquids flow, resulting in the pumping energy decrease and/or the transport liquid flow increase. Among the most important applications one can mention : industrial water networks, channel systems, fire extinction installations, district heating networks, water irrigation systems, petrol products drilling and transport, biomedicine.

[*Energetica* 32 (1984), *nr.* 2, *p.* 81—87]

DC 621.1.01.001

C. Brătianu, I. Giosan, D. Popescu : **Solutions of Transcendental and Criterial Equations Used in Engineering Heat Transfer by Iterative Numerical Methods (II)**

Engineering heat transfer processes are generally very complex and need many mutually dependent variables for an accurate description. As a consequence, their mathematical models admit analytical solutions only for simplified cases. For solving more complex heat transfer equations numerical solutions are needed.

The purpose of this second paper on the same subject is to present some more elaborate numerical method than the bisection method,suitable for solving engineering heat transfer equations which contain transcendental or criterial expression.

They are : the secant method, the Newton-Raphson method and the modified Newton-Raphson methods. Among them the most frequently used one is the Newton-Raphson method due to its patratic convergence.

The application of these methods is illustrated by considering the determination of the friction factor using the Colebrook-White formula. Also, a brief description of the algorithms used and flow sheet diagrams for the computer programs are presented.

[*Energetica* 32 (1984), *nr.* 2, *p.* 87—92]

INVENTIONS-INNOVATIONS 93—94

REVIEWS 94—95

Posibilitatea valorificării la maximum a capacității de transport a liniilor electrice subterane care funcționează în regim variabil cu o sarcină ciclică zilnică*)

Ing. Șt. Gadola, ing. Al. Mathe**)

Ca urmare a creșterii consumului de energie electrică în orașe, a necesității sistematizării liniilor de înaltă tensiune în scopul reducerii terenului ocupat și a dezvoltării în continuare a consumului industrial, liniile electrice subterane se vor executa într-un ritm mai intens.

Avînd în vedere costul ridicat al LES față de cel al LEA (raportul de 1/10 ... 12) și cheltuielile de exploatare și întreținere destul de mari, se impune necesitatea folosirii cît mai eficiente a cablurilor existente și găsirea de soluții ieftine pentru construcția de noi tipuri de cabluri.

În acest scop, lucrarea de față caută să aducă soluții pentru posibilitatea de valorificare la maximum a capacității de transport a LES prin studiul regimurilor termice.

Marea majoritate a cablurilor de energie funcționează în regim variabil de lungă durată, regim care este caracterizat de consumul de energie al consumatorilor alimentați prin cablu. Regimul variabil poate fi un regim zilnic sau poate fi limitat la cîteva ore în care cablul funcționează cu o sarcină intensivă (cazul uneia varii).

Standardul 8778—77 din țara noastră prevede o curbă de sarcină-tip, corespunzătoare unei perioade de 24 ore (curbă de sarcină-tip „întreprindere furnizoare de energie" sau pe scurt I.F.E.). La această sarcină-tip, cablul funcționează maximum 10 ore pe zi cu sarcină maximă admisibilă și minimum 10 ore cu 60% din sarcina maximă admisibilă.

Curba de sarcină propusă de standard modelează aproximativ curbele de sarcină reale și, ca urmare, rezultatele ce se obțin în calcul pentru curentul maxim admisibil sînt aproximative.

În practică, puțini consumatori funcționează după o curbă de sarcină aplatisată, cum sînt combinatele chimice. Ca urmare, temperatura conductorului (parametrul fundamental care determină încărcarea maximă admisibilă) va avea o variație ce va „urmări" alura curbei de sarcină și, cum în general cablurile sînt încărcate la valoarea maximă un timp relativ scurt — mai mic decît constanta de timp de încălzire a cablului — temperatura conductorului nu va atinge temperatura maximă admisibilă.

Factorul cu care curentul ciclic zilnic, a cărui valoare maximă este egală cu curentul nominal, poate fi înmulțit astfel încît conductorul să atingă și să nu depășească temperatura maximă admisibilă se definește ca fiind *factorul de încărcare ciclic*, notat K_c.

1. Calculul factorului de încărcare ciclic

La baza calculului factorului de încărcare ciclic se află metodologia dată de Goldenberg [3].

Curba de sarcină se descompune în paliere de valoare constantă cu durate egale de 1 oră, astfel încît trecerea de la un palier la altul are loc printr-un proces tranzitoriu (salt de curent). Se poate astfel determina vîrful de temperatură atins de conductor în cadrul regimului ciclic zilnic, luînd în considerare forma completă a încărcării ciclice pentru 6 ore înainte de timpul apariției vîrfului de temperatură și valoarea medie a încărcării pentru timpi mai de vreme. Valoarea maximă a curentului ciclic zilnic este egală cu valoarea nominală de încărcare a cablului.

Notînd cu $Y_0, Y_1, \ldots, Y_{23}$ valorile treptelor rectangulare în care pătratul curentului ciclic zilnic poate fi descompus, se definește factorul de pierderi ciclic:

$$\mu = \frac{1}{24} \sum_{i=0}^{23} Y_i , \qquad (1)$$

unde Y_i este o măsură a curentului echivalent la pătrat, între i și $i+1$ ore înainte de timpul considerat că se va atinge temperatura maximă a conductorului. Valoarea lui Y_0 se ia în general egală cu 1 (unitate).

Creșterea maximă a temperaturii conductorului peste temperatura mediului ambiant pentru curentul ciclic zilnic este dată de relația:

$$\theta_{c_{max}} = Y_0\theta_c(1) + Y_1[\theta_c(2) - \theta_c(1)] + Y_2[\theta_c(3) - \theta_c(2)] + \ldots + Y_5[\theta_c(6) - \theta_c(5)] + \mu[\theta_c(\infty) - \theta_c(6)] \qquad (2)$$

Factorul cu care expresia (2) poate fi multiplicată astfel încît să rezulte valoarea lui $\theta_c(\infty)$ este chiar pătratul factorului de încărcare ciclic K_c^2.

$$K_c^2 = \frac{\theta_c(\infty)}{\theta_{c_{max}}} . \qquad (3)$$

* Lucrare prezentată la primul Simpozion al rețelelor electrice Iași, 7—9 octombrie 1981.

** Autorii lucrează la IRE Cluj.

Rezultă deci :

$$K_c^2 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{5} Y_i \left[\frac{\theta_c(i+1)}{\theta_c(\infty)} - \frac{\theta_c(i)}{\theta_c(\infty)} \right] + \mu \left[1 - \frac{\theta_c(6)}{\theta_c(\infty)} \right]}, \quad (4)$$

unde $\theta_c(0) = 0$.

Cînd se neglijează influenţa capacităţii termice a conductorului asupra procesului de încălzire, temperatura tranzitorie a conductorului $\theta_c(t)$, raportată la temperatura în regim permanent $\theta_c(\infty)$, este dată de formula lui Hutchings şi Whitehead [4] :

$$\frac{\theta_c(t)}{\theta_c(\infty)} = 1 - k + k\alpha(t), \quad (5)$$

unde :

k este raportul între temperatura la suprafaţa cablului şi temperatura conductorului, în regim staţionar ;

$\alpha(t)$ — raportul între temperatura la suprafaţa cablului în regim tranzitoriu şi temperatura la suprafaţa cablului în regim permanent.

Explicitînd relaţia de definiţie a factorului k, rezultă :

$$k = \frac{\theta_s(\infty)}{\theta_c(\infty)} = \frac{W_I R_{T4}}{W_c(R_{TA} + R_{TB}) + W_I R_{T4}}, \quad (6)$$

în care :

R_{T4} este rezistenţa termică externă a cablului (în cazul lucrării solului), °C.m/W ;

$W_I = RI^2$ — pierderile totale Joule în cablu, W/m ;

W_c — pierderile de putere în conductor, W/m ;

$R_{TA} R_{TB}$ — rezistenţe termice echivalente, a căror expresie se obţine în urma calculelor în regim tranzitoriu [2] şi care, pentru cabluri îngropate direct în sol, au valoarea :

$$R_{TA} = R_{T1} \qquad R_{TB} = q_s R_{T3}, \quad (7)$$

unde :

R_{T1} este rezistenţa termică a izolaţiei, °C·mW ;

R_{T3} — rezistenţa termică a învelişului izolant, °C. m/W ;

q_s — raportul dintre suma pierderilor în conductor, ecran şi manta şi pierderile în conductor.

Înlocuind în relaţia (6) pierderile Joule şi cele de putere, se obţine pentru cablurile clasice îngropate direct în sol :

$$k = \frac{R_{T4}}{R_{T4} + R_{T3} + \frac{R_{T1/n} - 1 R_{T3/2}}{1 + \lambda_1 + \lambda_2}}, \quad (8)$$

unde λ_1 şi λ_2 reprezintă raportul dintre pierderile în ecranele metalice, respectiv cele în armăturile de protecţie şi pierderile totale în conductor.

Calculul lui $\alpha(t)$ este dat de relaţia lui Buller [6], sau cea a lui Carslaw şi Jaeger [7], cablul fiind considerat ca o sursă continuă lineică de căldură (situată în centrul cablului) cu o rată constantă de eliberare a căldurii pe unitate de timp şi lungime şi presupus a poseda proprietăţi termice asemănătoare cu solul în care este pozat :

$$\alpha(t) = \frac{-E_i\left(-\frac{d^2}{16Dt}\right) + E_i\left(-\frac{l^2}{Dt}\right)}{\ln \frac{16l^2}{d^2}}, \quad (9)$$

unde :

d este diametrul exterior al cablului, m

l — adîncimea de îngropare, m ;

t — timpul, s ;

D — difuzivitatea termică a solului, m^2/s ;

$-E_i(-x)$ — funcţia exponenţial-integrală, dată de expresia :

$$-E_i(-x) = \int_x^\infty \frac{e^{-u}}{u}\, du.$$

Înlocuind relaţiile (5) în (4), se obţine :

$$K_c^2 = \frac{1}{(1-k)Y_0 + [B + \mu(1 - \alpha(6))]k}, \quad (10)$$

unde :

$B = Y_0\Phi_0 + Y_1\Phi_1 + \ldots + Y_5\Phi_5$;

$\Phi_0 = \alpha(1)$;

$\Phi_i = \alpha(i+1) - \alpha(i)$, pentru $i = 1,2, \ldots 5$.

Valorile lui $\Phi_0, \Phi_1, \ldots, \Phi_5$ şi $1 - \alpha(t)$ sînt date în tabelul 1, pentru cabluri pozate la o adîncime de 1 m şi pentru difuzivitatea solului egală cu 0,5 mm^2/s. Aceste valori pot fi folosite pentru cabluri pozate la o adîncime de 0,75—1,5 m cu o eroare generală mai mică de 1,5%.

S-a arătat că valoarea lui k depinde de caracteristicile geometrice şi termice ale cablului şi de rezistivitatea termică a solului. Pentru aceeaşi adîncime de pozare şi rezistivităţi termice diferite ale solului, se poate face următoarea corecţie pentru valoarea lui k :

$$k(\rho_{T2}) = \frac{1}{1 + \frac{\rho_{T1}}{\rho_{T2}} \cdot \frac{1 - k(\rho_{T1})}{k(\rho_{T1})}}. \quad (11)$$

Mărimea erorilor, care nu depăşeşte o anumită limită de siguranţă, implicit în neglijarea capacităţii termice, depinde de forma ciclului. În general, eroarea factorului ciclic, calculată cu

metoda expusă mai sus, este estimată să nu depășească $\pm 3\%$, eroare provenită din neglijarea capacității termice și a aproximației în calculul temperaturii conductorului la un anumit timp, luînd în considerare doar cele 6 ore înainte de atingerea temperaturii maxime, restul fiind aproximate cu ajutorul factorului μ. În situația în care $\mu<0,4$ și capacitatea termică este neglijată, există un caz extrem cînd limita erorilor este de $\pm 5\%$.

2. Concluzii și considerații cu privire la supraîncărcarea cablurilor de energie cunoscînd factorul de încărcare ciclic

Pentru analiza încărcării cablurilor de energie care funcționează în regim ciclic zilnic, s-au luat în considerare mai multe tipuri de curbe de sarcină pentru diverși consumatori. Consumatorii se consideră alimentați prin cabluri de 10 kV cu trei conductoare și izolație de PER, de secțiune 120 mm²Cu. Cablurile sînt îngropate direct în pămînt, rezistivitatea termică a solului fiind egală cu 100 °C·cm/W.

Alurile curbelor de sarcină luate în considerare sînt reprezentate în figurile 1,2,3 și 4, iar valorile măsurate ale curentului ciclic la pătrat (Y_i) și valorile calculate pentru coeficientul μ și factorul de încărcare ciclic K_c sînt date în tabelul 2.

Pentru un cablu care alimentează un consumator funcționînd în trei schimburi, curba de sarcină reprezentată în figura 1, factorul de încărcare ciclic, egal cu 1,06, arată că acest cablu este folosit aproape de capacitatea maximă, supraîncărcarea cablului fiind posibilă doar cu 6%. Mult mai mare este factorul de încărcare ciclic pentru consumatori care funcționează în unul

Tabelul 1

Valorile lui Φ_i și $1-\alpha$ (l) pentru sol cu difuzivitatea termică egală cu $0,5\cdot10^{-6}$m²/s (diametrele sînt date în metri)

Diametrul cablului	Φ_0	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	$1-\alpha(6)$
0,030	0,298	0,069	0,041	0,029	0,023	0,019	0,521
0,035	0,277	0,071	0 042	0,030	0,023	0,019	0,538
0,040	0,257	0,072	0,043	0,031	0,024	0,020	0,553
0,045	0,239	0,073	0,044	0,031	0,025	0,020	0,568
0,050	0,223	0,074	0,045	0,032	0,025	0,020	0,581
0,055	0,207	0,075	0,045	0,033	0,025	0,021	0,594
0,060	0,193	0,076	0,046	0,033	0,026	0,021	0,605
0,065	0,180	0,076	0,046	0,034	0,026	0,021	0,617
0,070	0,168	0,076	0,047	0,034	0,026	0,022	0,627
0,075	0,156	0,076	0,047	0,034	0,027	0,022	0,638
0,080	0,145	0,076	0,047	0,035	0,027	0,022	0,648
0,085	0,135	0,075	0,048	0,035	0,027	0,023	0,657
0,090	0,126	0,074	0,048	0,035	0,027	0,023	0,667
0,095	0,117	0,074	0,048	0,035	0,027	0,023	0,676
0,100	0,110	0,073	0,048	0,035	0,028	0,023	0,684
0,105	0,101	0,072	0,048	0,035	0,028	0,023	0,693
0,110	0,093	0,071	0,048	0,035	0,028	0,024	0,701
0,115	0,086	0,070	0,047	0,036	0,028	0,024	0,709
0,120	0,080	0,069	0,047	0,036	0,028	0,024	0,716
0,125	0,074	0,068	0,047	0,035	0,028	0,024	0,724
0,130	0,068	0,067	0,046	0,035	0,029	0,024	0,731
0,135	0,063	0,065	0,046	0,035	0,029	0,024	0,738
0,140	0,058	0,063	0,046	0,035	0,029	0,024	0,745
0,145	0,053	0,062	0,045	0,035	0,029	0,024	0,752
0,150	0,049	0,060	0,045	0,035	0,029	0,024	0,758
0,155	0,045	0,059	0,044	0,035	0,028	0,024	0,765
0,160	0,041	0,057	0,044	0,035	0,028	0,024	0,771
0,165	0,038	0,056	0,043	0,034	0,028	0,024	0,777
0,170	0,034	0,054	0,043	0,034	0,028	0,024	0,783
0,175	0,031	0,052	0,042	0,034	0,028	0,024	0,789
0,180	0,029	0,050	0,041	0,034	0,028	0,024	0,794
0,185	0,026	0,048	0,041	0,033	0,028	0,024	0,800
0,190	0,024	0,047	0,040	0,033	0,027	0,024	0,805
0,195	0,022	0,045	0,039	0,032	0,027	0,024	0,811
0,200	0,020	0,043	0,038	0,032	0,027	0,024	0,816
0,205	0,018	0,042	0,037	0,032	0,027	0,023	0,821
0,210	0,016	0,040	0,037	0,031	0,027	0,024	0,826
0,215	0,015	0,038	0,036	0,031	0,027	0,023	0,830
0,220	0,013	0,037	0,035	0,031	0,026	0,023	0,835
0,225	0,012	0,035	0,034	0,030	0,026	0,023	0,840
0,230	0,011	0,033	0,033	0,030	0,026	0,023	0,844
0,235	0,010	0,032	0,033	0,029	0,025	0,023	0,848
0,240	0,009	0,030	0,032	0,029	0,025	0,022	0,853
0,245	0,008	0,029	0,031	0,028	0,025	0,022	0,857

Tabelul 2

Curba de sarcină	Fig. 1	Fig. 2	Fig. 3	Fig. 4		
Y_0	1	1	0,99	0,94	0,9	1
Y_1	0,73	0,98	0,75	0,7	0,9	1
Y_2	0,69	0,71	0,625	0,94	0,9	1
Y_3	0,85	0,18	0,625	1	0,53	0,2
Y_4	0,78	0,71	0,625	1	0,9	0,2
Y_5	0,77	0,98	0,8	1	0,9	0,42
Y_6	0,76	1	0,8	0,2	0,8	0,42
Y_7	0,65	0,8	0,885	0,2	0,8	0,42
Y_8	0,6	0,17	0,885	0,42	0,87	0,42
Y_9	0,5	0,08	1	0,42	0,87	0,42
Y_{10}	0,52	0,08	0,375	0,42	0,94	0,42
Y_{11}	0,9	0,08	0,35	0,42	0,7	0,9
Y_{12}	0,74	0,08	0,3	0,42	0,94	0,9
Y_{13}	0,7	0,08	0,075	0,42	1	0,9
Y_{14}	0,63	0,08	0,075	0,9	1	0,53
Y_{15}	0,94	0,08	0,075	0,9	1	0,9
Y_{16}	0,92	0,08	0,075	0,93	0,2	0,9
Y_{17}	0,81	0,08	0,075	0,53	0,2	0,8
Y_{18}	0,67	0,08	0,075	0,9	0,42	0,8
Y_{19}	0,72	0,17	0,075	0,9	0,42	0,87
Y_{20}	0,81	0,17	0,4	0,8	0,42	0,87
Y_{21}	0,82	0,17	0,575	0,8	0,42	0,94
Y_{22}	0,85	0,17	0,575	0,87	0,42	0,7
Y_{23}	0,98	0,71	0,725	0,87	0,42	0,94
μ	0,785	0,36	0,49	0,703	0,703	0,703
B	0,318	0,332	0,332	0,838	0,817	0,852
K_c	1,06	1,17	1,14	1,09	1,106	1,082

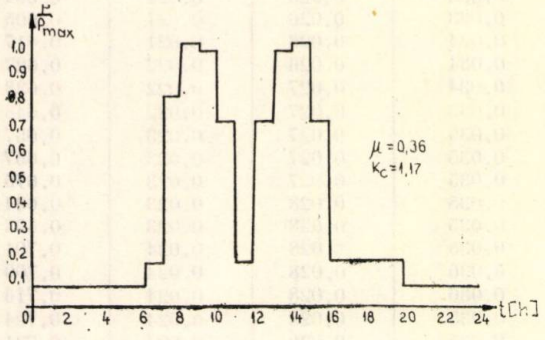


Fig. 1.

sau două schimburi. Astfel, pentru consumatorii care funcţionează într-un schimb cu alura curbei de sarcină dată în figura 2, sarcina ciclică poate fi mărită cu 17% fără a se pune în pericol siguranţa cablului.

În figurile 3 şi 4 sînt reprezentate alurile curbelor de sarcină pentru doi consumatori la care lucrul este organizat în două schimburi. Curba zilnică din figura 4 este caracteristică pentru o întreprindere constructoare de maşini. În cazul încărcării reprezentate în figura 3, temperatura maximă în conductor se va atinge la sfîrşitul treptei ce se aplică între orele 18—19, cablul fiind mult mai „cald" la începutul acestei trepte decît în cazul treptei-unitate aplicate între orele 9—10. În cazul acestei curbe de sarcină, estimarea momentului atingerii temperaturii maxime se poate face uşor, în comparaţie cu cazul curbei de sarcină reprezentate în figura 4, cînd înaintea încărcării maxime există pe o durată de două ore, respectiv şase ore, o încăr-

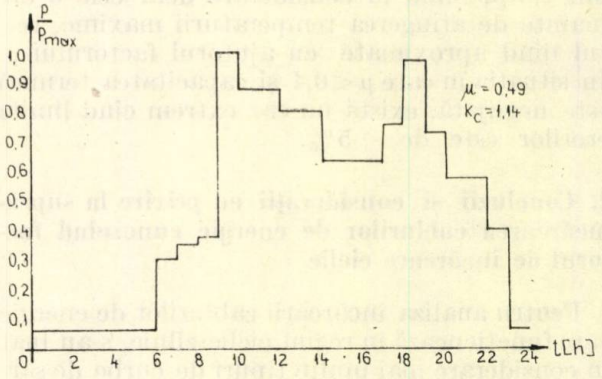


Fig. 2

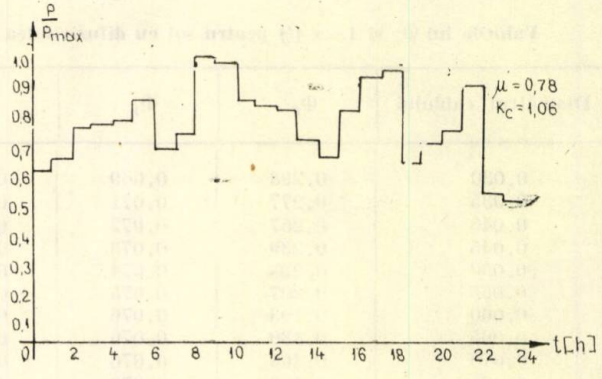


Fig. 3.

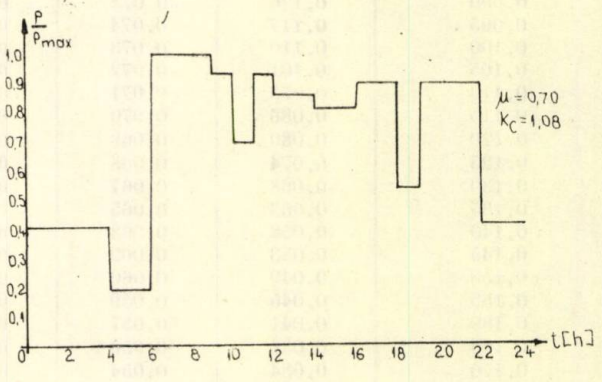


Fig. 4.

care mult mai mică. În acest caz, pentru o supraîncărcare fără pericol a cablului trebuie să se calculeze valoarea factorului de încărcare ciclic în mai multe ipoteze (corespunzătoare momentelor diferite la care se consideră că se atinge vîrful de temperatură pe conductor), luînd ca valoare corectă valoarea minimă obţinută din ipotezele luate în consideraţie. Astfel, s-au considerat trei momente în care se atinge temperatura maximă, obţinîndu-se trei valori pentru factorul de încărcare ciclic. Valoarea corectă

este cea de 1,082, cablul atingînd temperatura maximă după aplicarea treptei-unitate pe o durată de trei ore.

În urma acestor calcule se prevede posibilitatea supraîncărcării de durată a cablului de energie fără a se pune în pericol siguranța sa. În acest fel conductorul va atinge, dar nu va depăși, temperatura maximă admisibilă. În exploatare, cunoscînd curba de încărcare a cablurilor, se poate determina factorul de încărcare ciclic, astfel încît la o situație de avarie să se cunoască cu cît se pot supraîncărca aceste cabluri. Este de menționat că, deși cablurile se pot supraîncărca pe o durată mare de timp, se impune un calcul tehnico-economic din care să rezulte „timpul economic" de funcționare în regim de supraîncărcare, avînd în vedere că odată cu supraîncărcarea cresc pierderile în conductor.

Supraîncărcarea cablurilor de energie care funcționează în regim variabil cu sarcină ciclică zilnică certifică posibilitatea alimentării consumatorilor cu cabluri calculate pentru regim de vară, nefiind necesară o dimensionare suplimentară pentru anotimpul de iarnă, cînd sarcinile cresc cu 5—15% față de cele din vară. Dimensionarea suplimentară nu este necesară, cu atît mai mult cu cît efectele de scădere a rezistivității termice a solului iarna și de creștere a încărcării în același anotimp au același ordin de mărime asupra încălzirii.

3. Exemplu de calcul

Pentru exemplificare s-a considerat un cablu de 10 kV cu izolație din PER. Pentru acest cablu s-au calculat rezistențele termice și pierderile în ecran și armături, după metode CEI [5].

Temperatura maximă admisibilă a conductorului este de 90°C, iar temperatura solului se consideră egală cu 20°C. În urma calculelor rezultă :

$\lambda_1 = 0{,}65 \cdot 10^{-2}$; $\lambda_2 = 0{,}98 \cdot 10^{-2}$; $R_{T1} = 62{,}4°C \cdot cm/W$

$R_{T3} = 8{,}8°C \cdot cm/W$; $R_{T4} = 60°C \cdot cm/W$; $I_{ad} = 328A$

Valoarea lui k este din relația (8) : $k = 0{,}6038$.

Diametrul cablului fiind 61,2 mm, s-au luat din tabelul 1 valorile lui Φ_i și 1 — $\alpha(6)$ corespunzătoare diametrului de 65 mm.

$\Phi_0 = 0{,}180 \quad \Phi_2 = 0{,}045 \quad \Phi_4 = 0{,}026$

$\Phi_1 = 0{,}076 \quad \Phi_3 = 0{,}034 \quad \Phi_5 = 0{,}021 \quad 1 = \alpha(6) = 0{,}617$

Pentru curba de sarcină din figura 3 s-au obținut valorile :

$\mu = 0{,}492$; $B = 0{,}332$; $K_c = 1{,}14$.

Bibliografie

[1] Bercovici, M., Arie, A., Poeată, A. *Rețele electrice. Calculul electric.* Editura tehnică București, 1974.

[2] *** *Current ratings of cables for cyclic rating emergency loads.* Part 1. Raport CIGRE — Committe nr. 21, Group 2, 1971.

[3] Goldenberg, H. *The calculation of cyclic rating factors and emergency loading for one or more cables laid direct or in ducts.* In Proc. I.E.E., vol. 105C, 1958, p. 46—54.

[4] Whitehead, S., Hutchings, E.E. *Current rating or cables for transmission and distribution.* In. I.E.E. 83, 1938, p. 517—557.

[5] *** C.E.I. — Publication 287. *Calcul du courant admissible dans les câbles en regime permanent (facteur de charge 100%),* 1975.

[6] Buller, F.H *Thermal transients on buried cables.* In : Transactions of the. American I.E.E., 1957, 70, Part I. p. 45.

[7] Carslaw, H., Jaeger, J. C. *Conduction of heat in solids.* Oxford University Press, 1947, p. 221.

[8] Gadola, S. *Mărirea capacității de transport a energiei electrice prin liniile electrice subterane.* Proiect de diplomă, I.P. București, 1979.

(Primit la 7 noiembrie 1981, acceptat la 21 februarie 1983)

Dispozitive și instalații de comandă, menținere în funcțiune și optimizare a unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone. II. Instalația SINCROOPT, varianta a II-a

Ing. Gh. Ijac, ing. Gh. Cepoiu, dr. ing. N. V. Boțan, dr. ing. M. P. Diaconescu, ing. Gh. Savitescu, dr. ing. C. Huțanu, dr. ing. C. Mihăileanu, dr. ing. D. Potlog*)

Instalațiile SINCROOPT, de comandă, menținere în funcțiune și optimizare a unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone au fost realizate cu dispozitivele prezentate în partea întîi a articolului. (vezi Energetica 32, 1984, nr. 1, p. 25—29).

*) Ing. Gheorghe Ijac și ing. Gheorghe Cepoiu sînt șef de atelier, respectiv șef de secție la CIC AZOMUREȘ, dr. ing. N. V. Boțan, dr. ing. Mircea P. Diaconescu, ing. Gheorghe Savitescu și dr. ing. Corneliu Huțanu sînt, respectiv profesor, șef de lucrări, lector universitar și conferențiar la Institutul Politehnic „Gh. Asachi" din Iași, dr. ing. Călin Mihăileanu și dr. ing. Dorin Potlog sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG.

6. Instalația SINCROOPT, varianta a II-a

A fost realizată la fază de prototip. Este concepută și realizată pentru comanda, menținerea în funcțiune și optimizarea unei singure acționări, indiferent de tipul mașinii de lucru acționate.

În figura 1 se prezintă schema logică completă a instalației SINCROOPT II, în care notațiile semnifică :

a. În sistemul SIM de informație și memorie :

— 1U la 3U și 1T la 3T cu SAU—A și TA-dispozitivul de prescriere, în trepte, a curbei de aptitudine ;

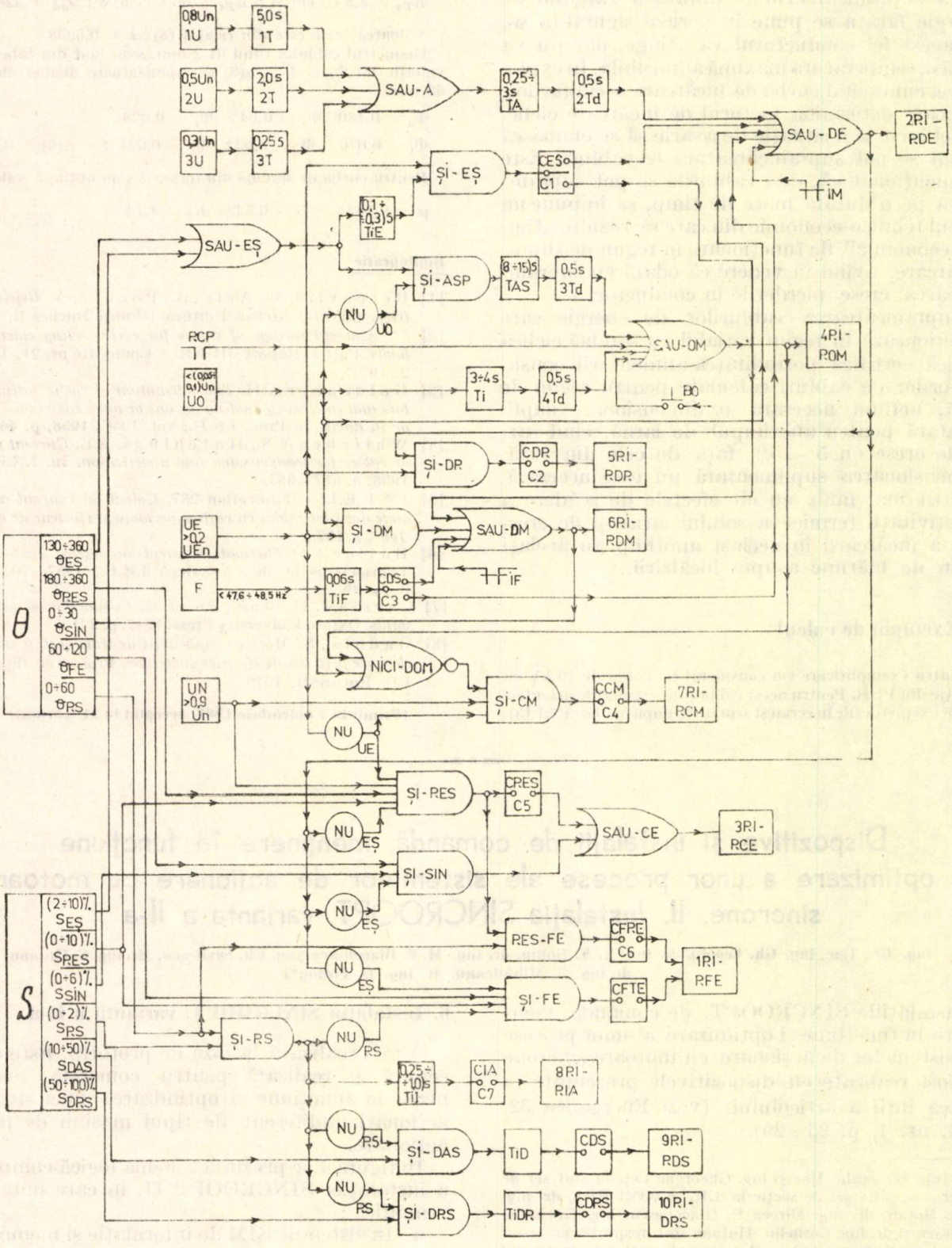


Fig. 1. Schema logică completă a instalației SINCROOPT, varianta a II-a, prototip 1.

— 1U la 3U — traductoare de tensiune (minimă) alternativă ;

— 1T la 3T — circuite statice de temporizare (fixă) ;

— TA — circuit static de temporizare reglabilă ;

— UO — traductor de tensiune (alternativă) nulă ;

— UN — traductor de tensiune (alternativă) normală ;

— UE — traductor de tensiune de excitaţie ;

— F — traductor de frecvenţă ;

— θ — traductor (aparat) de unghi electric intern (de sarcină) al motorului ;

— S — traductor (dispozitiv) de măsurare a alunecării motorului.

b. În sistemul SEE de elemente de execuţie :

— 1RI/RFE — releu de forţare a excitaţiei motorului de acţionare ;

— 2RI/RDE — releu cu funcţia principală de deconectare a excitaţiei (contactorului de cîmp) pentru trecerea în asicron sau la oprire ;

— 3RI/RCE — releu cu funcţia principală de conectare sau reconectare a excitaţiei (a contactorului de cîmp) pentru sincronizare la pornire sau resincronizare în sarcină, ca urmare a unei funcţionări tranzitorii în asincron, datorită unei perturbaţii ivite în funcţionarea acţionării ;

— 4RI/ROM — releu de oprire a motorului la depăşirea duratei admise de funcţionare în anumite regimuri sau la avarierea unor elemente componente ale acţionării ;

— 5RI/RDR — releu de comandă a stingerii cîmpului polar remanent sau de dezexcitare automată rapidă ;

— 6RI/RDM — releu de comandă a deconectării (separării) temporare a motorului de la reţea ;

— 7RI/RCM — releu de conectare la pornire sau reconectarea motorului la reţea ;

— 8RI/RIA — releu de încărcare automată (a sarcinii) a maşinii de lucru a acţionării ;

— 9RI/RDS — releu de descărcare a sarcinii maşinii de lucru ;

— 10RI/DRS — releu de descărcare rapidă a sarcinii.

c. În sistemul SEL, de elemente logice, pe lîngă circuite logice SAU, NU, NICI, se găsesc :

— TI, TAS — circuite de temporizare a semnalelor ;

— TIE, TIF, TiD, TiDR — circuite de întîrziere a semnalelor ;

— 2 Td la 4 Td — circuite de temporizare a duratei semnalelor ;

— C1, C3 — chei pentru trecerea semnalelor (comenzilor) primite, de pe releul 2RI/RDE pe releul 6RI/RDM şi invers ;

— celelalte chei sînt pentru întreruperea sau restabilirea semnalelor logice (a comenzilor) în scopul blocării (în caz de necesitate) a operaţiilor aferente, respectiv pentru repunerea în funcţiune a releelor comandate.

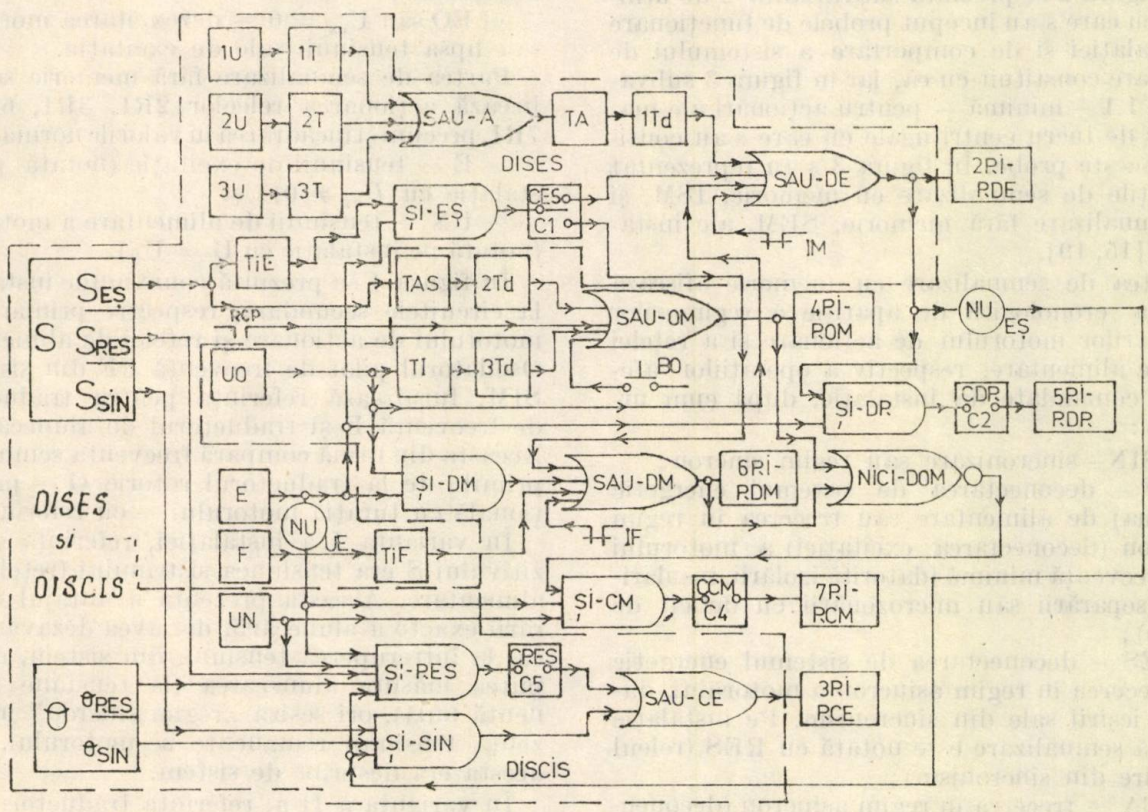


Fig. 2. Schema logică a instalaţiei SINCROOPT II, prototip 1, în subvarianta 2 de utilizare.

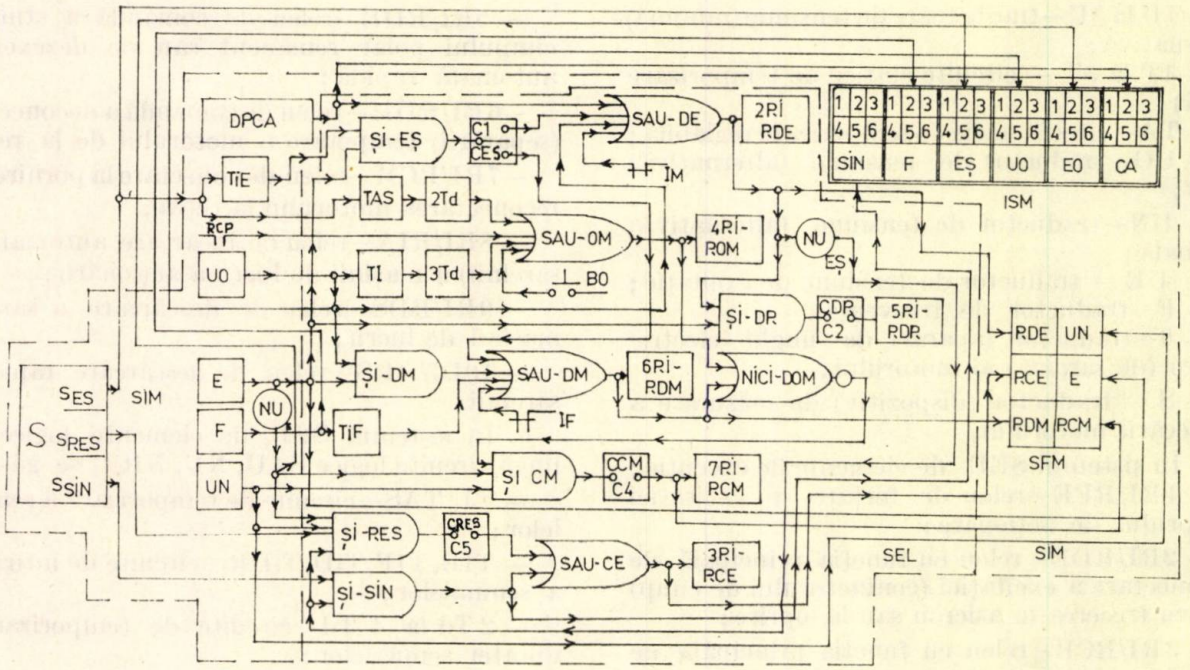


Fig. 3. Schema logică a instalaţiei SINCROOPT II, prototip 1, în subvarianta 1.1 — minimă — de utilizare.

Funcţionarea instalaţiei este prezentată detaliat în [8, 11, 15] şi rezultă din oscilogramele înregistrate la probele efectuate [8, 19].

Instalaţia SINCROOPT II este astfel realizată încît structura ei şi a dispozitivelor sale poate fi modificată după necesităţi, obţinîndu-se diverse subvariante de utilizare.

În figura 2 se prezintă subvarianta 2 de utilizare, cu care s-au început probele de funcţionare a instalaţiei şi de comportare a sistemului de acţionare constituit cu ea, iar în figura 3 subvarianta 1.1 — minimă — pentru acţionări ale maşinilor de lucru centrifugale cu care s-au continuat aceste probe. În figura 3 s-au reprezentat şi părţile de semnalizare cu memorie, ISM, şi de semnalizare fără memorie, SEM, ale instalaţiei [15, 19].

Partea de semnalizare cu memorie afişează ordinea cronologică de apariţie a regimurilor sau stărilor motorului de acţionare şi a reţelei sale de alimentare, respectiv a operaţiilor aferente, comandate de instalaţie, după cum urmează :

— SIN —sincronizare sau regim sincron ;

— F — deconectarea de sistemul energetic (reţeaua) de alimentare sau trecerea în regim asincron (deconectarea excitaţiei) a motorului prin frecvenţă minimă (datorită izolării, insularizării, separării sau microzonării cu deficit de putere) ;

— EŞ — deconectarea de sistemul energetic sau trecerea în regim asincron a motorului, datorită ieşirii sale din sincronism. Pe instalaţie această semnalizare este notată cu RES (releul de ieşire din sincronism) ;

— CA — trecerea în regim asincron (deconectarea excitaţiei) datorită pierderii aptitudinii de funcţionare în sincronism a motorului, la goluri de tensiune plasate în zona de instabilitate dinamică. Această semnalizare este notată pe instalaţie cu RT_{min} + TEMP ;

— UO — deconectarea de sistem a motorului datorită lipsei (întreruperii) tensiunii din sistem sau datorită unui scurtcircuit pe barele sale de alimentare ;

— EO sau $U_{ex} = 0$ — dezexcitarea motorului sau lipsa tensiunii sale de excitaţie.

Partea de semnalizare fără memorie semnalizează acţionarea releelor 2RI, 3RI, 6RI şi 7RI, precum şi încadrarea în valorile normale ale :

— E — tensiunii de excitaţie (notată pe instalaţie cu $U_{ex} \neq 0$) ; şi

— UN — tensiunii de alimentare a motorului (notată pe instalaţie cu $U = U_N$).

În figura 4 se prezintă conexiunile instalaţiei la circuitele secundare, respectiv primare, ale motorului de acţionare şi reţelei de alimentare. Oscilatorul pilot de frecvenţă PF din sistemul SIM, furnizează referinţa pentru traductorul de frecvenţă F şi traductorul de alunecare S. Aceasta din urmă compară frecvenţa semnalelor primite de la traductorul rotoric G — proporţională cu turaţia motorului — cu referinţa sa.

În varianta I a instalaţiei, referinţa dispozitivului S era tensiunea sistemului (reţelei) de alimentare. Aceasta prezenta avantajul măsurării exacte a alunecării, dar avea dezavantajul că, la întreruperea tensiunii din sistem, ori nu putea măsura alunecarea (la tensiune remanentă nulă), ori sesiza „regim sincron" în prezenţa tensiunii remanente a motorului, deşi acesta era desprins de sistem.

În varianta a II-a, referinţa traductorului S fiind furnizată de PF, există dezavantajul mă-

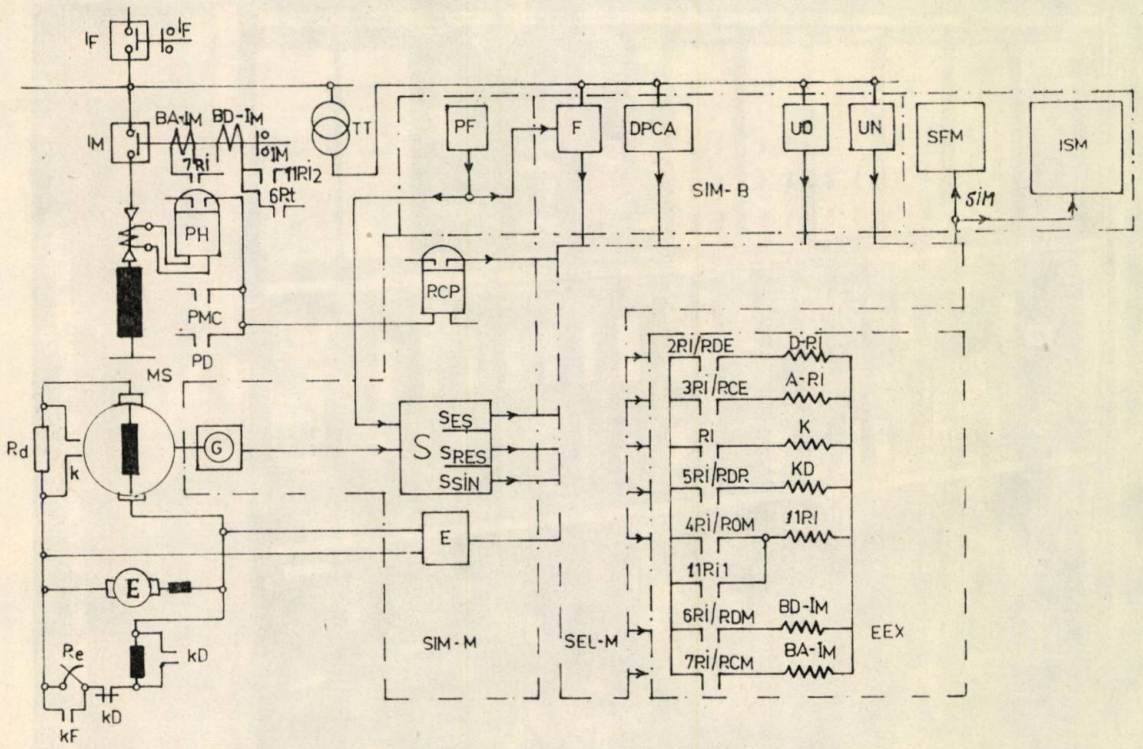


Fig. 4. Conexiunile instalației SINCROOPT II, prototip 1, în subvarianta 1.1 de utilizare, la circuitele motorului și rețelei de alimentare.

surării aproximative a alunecării (cu o aproximație ce depinde de diferența dintre frecvența reală a sistemului și frecvența standard), însă prezintă avantajul că poate controla „alunecarea" și pe duratele întreruperilor scurte ale tensiunii din sistem și deci poate comanda operațiile aferente.

În figura 5 se prezintă vederea din față a instalației SINCROOPT, varianta a II-a, realizată conform schemei logice complete din figura 1. În stînga sus se văd cele șase casete ale semnalizării cu memorie, în dreapta sus casetele semnalizării fără memorie, iar în dreapta jos două plăci pe care sînt montate cele 10 relee ale instalației. În rest se văd plăcile cu circuitele dispozitivelor și ale schemei logice a instalației.

Din figura 6 rezultă modul de realizare a diverselor subvariante de utilizare a instalației, prin extragerea din locașul lor a unor plăci pe care sînt montate circuitele unui/unor dispozitiv/ dispozitive și înlocuirea lor, după caz, cu alte plăci „oarbe", care realizează continuitatea (conexiunile) circuitelor rămase în funcțiune.

7. Rezultatele de experimentare obținute cu instalația SINCROOPT, varianta a II-a, prototip 1 [11, 13, 15, 18, 19]

În figura 7 se prezintă schema simplificată de încadrare în sistemul electroenergetic uzinal și în procesul tehnologic al combinatului, a acționării cu care s-au efectuat probele.

Sistemul de acționare în probe era singur în funcțiune pe secția de bare la care sînt racordate motorul și cupla longitudinală a stației de distribuție deschisă. Pompa debita pe același colector de refulare cu încă două pompe, ale căror motoare sînt racordate pe cealaltă secție de bare a stației. Deci sistemul de acționare supus perturbațiilor asigură 33% din debitul total al stației de pompare. Căderile de presiune pe bara colectoare de refulare a pompelor, pe duratele regimurilor tranzitorii ale acționării în probe, au fost neglijabile (ca profunzime și durată) pentru procesul tehnologic.

Cu instalația SINCROOPT, varianta a II-a, s-au efectuat 68 probe de funcționare, la care s-au înregistrat 39 de oscilograme ce redau comportarea sistemului de acționare la trei tipuri de perturbații (realizate voit) în alimentare:

a — goluri de tensiune cu durate cuprinse între 0,5 s și 3,67 s realizate prin RAR-uri comandate voit ale întrerupătorului 2 I_F din figura 7;

b — goluri de tensiune mai complexe decît precedentele, cu durate totale cuprinse între 0,97 s și 7,67 s, realizate prin RAR-uri dublu-consecutive (comandate, de asemenea, voit) ale întrerupătorului 1 I_F, fără a utiliza cablu fir pilot între întrerupătorul 1 I_F și întrerupătorul 2I_F, respectiv instalație;

c — variații de tensiune pînă sub 50% din valoarea nominală (tensiune reziduală mai mică de 0,5 U_n cu durate de peste 10 s, realizate prin

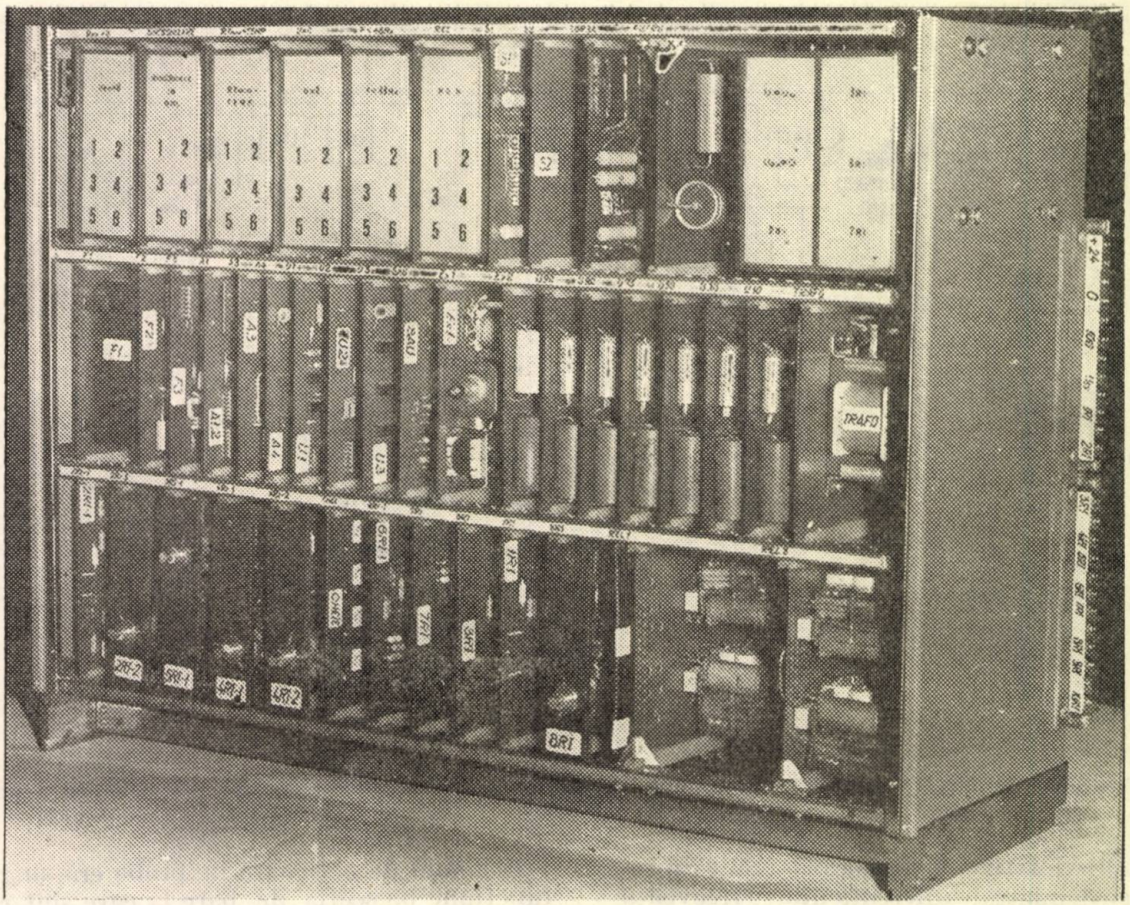


Fig. 5. Instalaţia SINCROOPT varianta a II-a, prototip 1, realizată de Institutul Politehnic „Gh. Asachi" Iaşi.

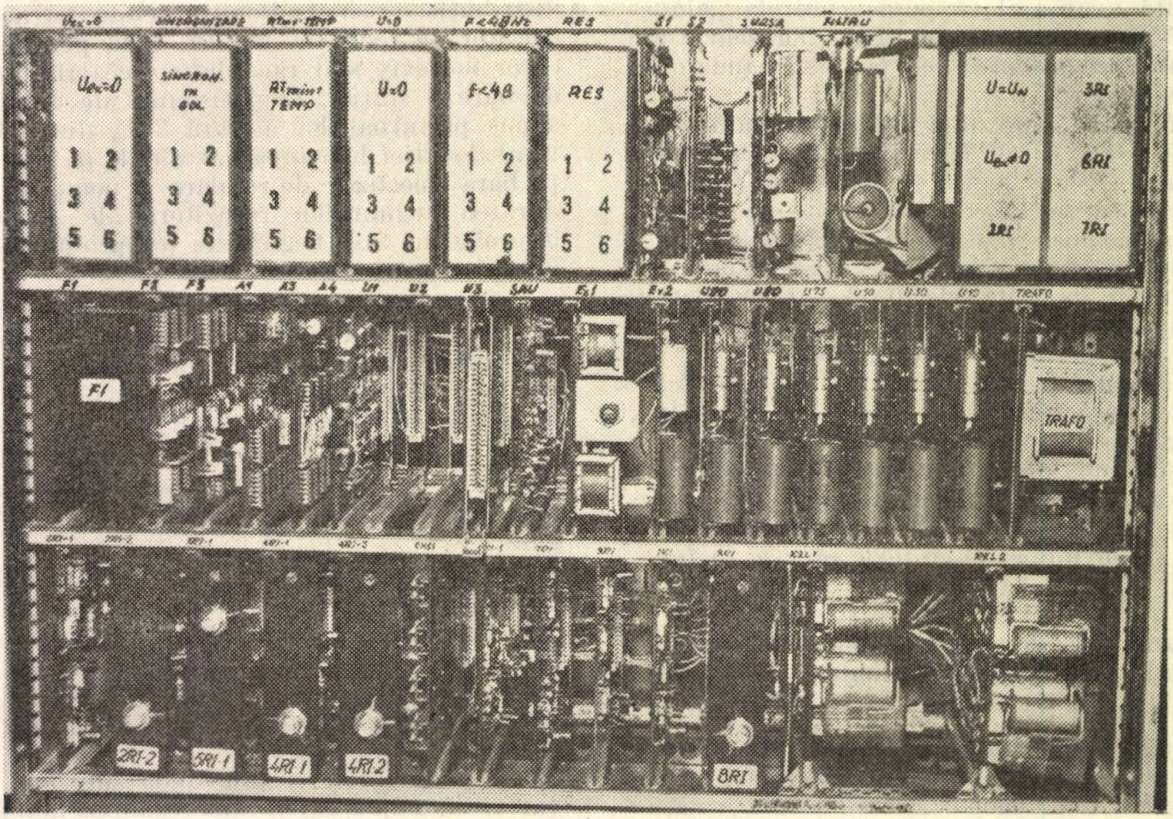


Fig. 6. Obţinerea subvariantelor instalaţiei prototip 1.

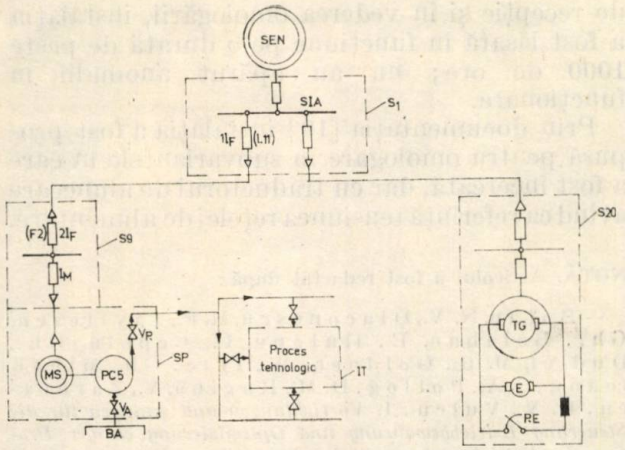


Fig. 7. Schema simplificată a încadrării în sistemul electroenergetic uzinal, a acționării pe care s-au efectuat probele cu instalațiile SINCROOPT model experimental și prototip 1.

alimentarea sistemului de acționare separat de sistemul energetic național, direct de la turbogeneratorul TG din figura 7 și prin introducerea bruscă în circuitul rotoric al acestuia, a întregii rezistențe a reostatului său de excitație RE.

Din probele efectuate cu instalația SINCROOPT II, în figura 8 se prezintă două exemple de rezultate de menținere în funcțiune și optimizare:

a — comportarea sistemului de acționare la două RAR-uri consecutive, cu pauzele de 0,56 s, respectiv 0,35 s, ale întrerupătorului 1 I_F (proba 54, tabel 2) [15];

b — comportarea sistemului de acționare la o variație de tensiune (proba 67, tabel 3) [11].

Comportarea sistemului de acționare, figura 8a, este asemănătoare, dar nu identică, cu cea din exemplul 7 b (partea I a articolului), deoarece și structura și funcțiile logice ale instalațiilor diferă.

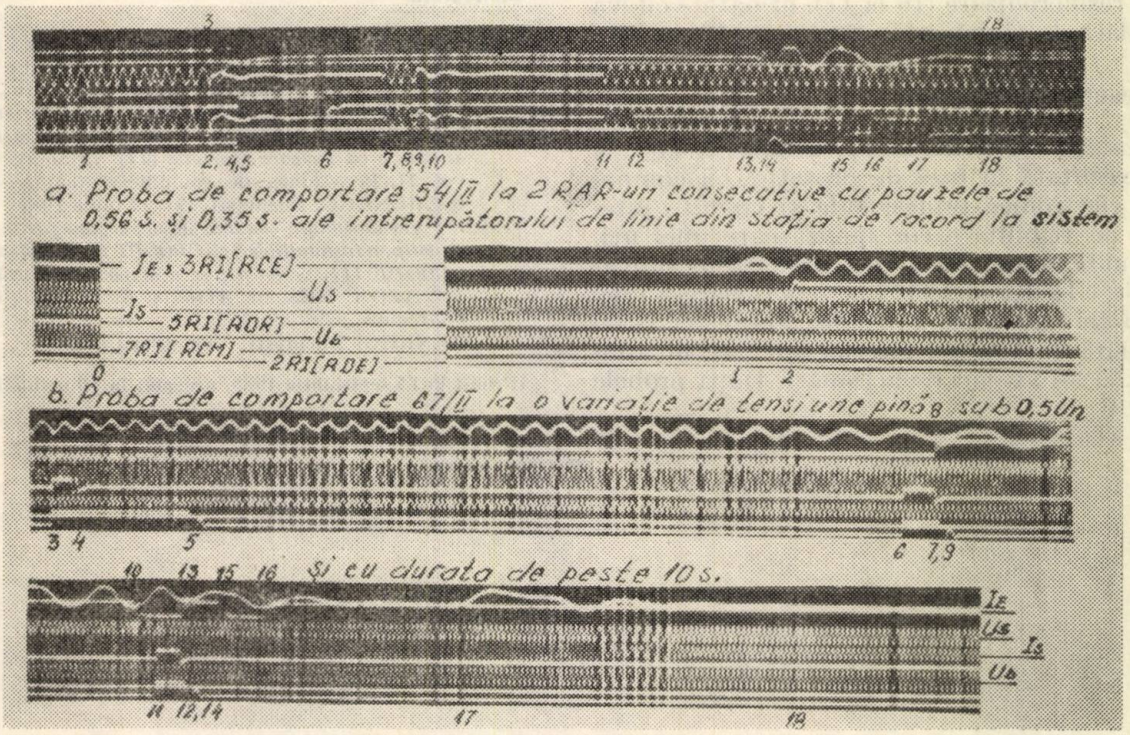


Fig. 8. Exemple de rezultate obținute cu instalația SINCROOPT, varianta a II-a, în subvarianta 1.1 de utilizare:

U_s — tensiunea de alimentare din sistem (a LES de alimentare); U_b — tensiunea barelor la care este racordat motorul; I_s — curentul statoric al motorului; I_E — curentul rotoric al motorului; 3 RI, 5 RI, 2 RI — contactele releelor RCE, ROR și RDE: 1 — desprinderea de sistem a motorului prin deconectarea voită a întrerupătorului 1 I_F; 1 la 2 — sesizarea (neînregistrată pe oscilogramă) a desprinderii și comanda izolării de SEN a motorului, prin deconectarea întrerupătorului I_M; 2 — deconectarea întrerupătorului I_M de alimentare a motorului; 3 — sesizarea ieșirii din sincronism a motorului și ca urmare dezexcitarea (deconectarea) releului 3 RI/RCE; 4 — comanda trecerii în asincron prin conectarea releului 2RI/RDE (închiderea contactelor sale) și ca urmare deconectarea contactorului de cîmp (de excitație); 5 la 6 — procesul stingerii cîmpurilor polare remanente ale motorului și excitatoarei sale ca urmare a conectării releului 5 RI/RDR. Acest proces se repetă, ori de cîte ori este necesar; 7 — sfîrșitul primei pauze de RAR al 1 I_F (conectarea lui automată de către un dispozitiv improvizat de comandă voită a RAR-urilor); 7 la 9 — revenirea, pentru scurtă durată, a tensiunii de alimentare din sistem ca urmare a 7; 8 la 10 — prima comandă de reprindere la sistem a motorului, dată prin conectarea releului 7 RI/RCM; 9 — a doua declanșare voită a întrerupătorului 1 I_F; 10 — întreruperea comenzii 8 la 10 din cauza lui 9; 11 — sfîrșitul celei de a doua pauze de RAR prin reanclanșarea, comandată voit a întrerupătorului 1 I_F. Revenirea definitivă a tensiunii de alimentare din sistem; 12 la 15 — a doua comandă de reprindere (reconectare) a motorului la sistem, efectuată prin reconectarea releului 7 RI/RCM; 13 — sesizarea condițiilor de autopornire și resincronizare și ca urmare deconectarea releului 2 RI/RDE. Renunțarea la menținerea în asincron și pregătirea pentru resincronizare; 14 — reconectarea motorului la sistem, ca urmare a 13, prin reanclanșarea întreruptorului I_M; 16 la 17 — comandă nesemnificativă față de 12 la 15; 18 — comandă de resincronizare efectuată prin conectarea releului 3 RI/RCE și în continuare menținerea în sincronism și supravegherea regimului de mers sincron.

În afara operațiilor specificate ca voite, toate celelalte operații sau comenzi au fost efectuate automat de către instalația SINCROOPT.

În exemplul „b" din figura 8 au avut loc trei operații de trecere în asincron (3 la 5), (6 la 9) și (11 la 14), urmate de tot atîtea operații de stingere a cîmpurilor polare remanente (3 la 4), (6 la 7) și (11 la 12) ale motorului de acționare și excitatoarei sale, acestea urmate, la rîndul lor, de două încercări corespunzătoare (comenzi scurte) de resincronizare (nereușie) — (8 la 10) și (13 la 15) — și de comanda finală (16) de resincronizare și de menținere în sincronism, favorizată de revenirea tensiunii „din sistem" (de la TG figura 7) la valoarea necesară resincronizării, respectiv a menținerii în sincronism.

Procesul tranzitoriu asincron a început cu ieșirea din sincronism (1), urmată de sesizarea ieșirii din sincronism (2) și s-a încheiat cu procesul de resincronizare (16 la 17), urmat de cîteva pendulări de după resincronizare (17 la 18).

8. Execuție și fiabilitate

Instalația SINCROOPT, varianta a II-a, a fost executată în fază de prototip, cu componente electronice profesionale și circuite integrate, de fiabilitate corespunzătoare unei utilizări industriale. Ea a fost probată în subvariantele 1.1, 1.2 și 2 [11] pe o acționare a unei mașini de lucru centrifugale, dar este astfel concepută încît se pot efectua cercetări de aplicare și la alte tipuri de acționări. După probele de recepție și în vederea omologării, instalația a fost lăsată în funcțiune pe o durată de peste 1000 de ore; nu au apărut anomalii în funcționare.

Prin documentația [19] instalația a fost propusă pentru omologare în subvariantele în care a fost încercată, dar cu traductorul de alunecare avînd ca referință tensiunea rețelei de alimentare.

NOTĂ. Articolul a fost redactat după :

— Boțan, N. V., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Balaban, E., Huțanu, C., Cepoiu, Gh., Dudici, M. R., Goldner, W., Ijac, Gh., Mihăileanu, C. A., Potlog, D. M., Ruginâ, V., Zărnescu, H. V., Vulcu, I. *Vorrichtungen und Anlagen für die Steuerung Betriebbewahrung und Optimisierung einiger Prozesse der Antriebssysteme mit Synchronmotoren.* Raport 23/A—3 la A X-a Conferință Internațională de Energetică Industrială, Budapesta, 19—24 octombrie 1981.

Bibliografie

[18] Ijac, Gh., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Vulcu, I., Orza, T., Borestein, St., György, A., Suciu, T., Deac, Gh., *Rezultatele unor cercetări experimentale privind posibilitățile de îmbunătățire a stabilității de funcționare a sistemelor de acționare cu motoare sincrone (II).* „Raport 1.9/S VI, vol. II, la sesiunea de comunicări tehnico-științifice, ICEMENERG, București, 12—14 iunie 1980.

[19] *** *Documentația comună de omologare preliminară, de prototip, a instalațiilor SINCROOPT II, prototip 1 și SINCROOPT III, prototip 2 și a dispozitivelor componente.* CIC AZOMUREȘ, nr. 41167 și 61610/1982, Institutul Politehnic „Gh. Asachi" Iași — nr. 4571/1983 și ICEMENERG, București — nr. 18663/1983.

(Primit la 14 septembrie 1983, acceptat la 10 octombrie 1983)

Explozivitatea prafurilor şi măsuri de prevenire a exploziilor sau a efectelor acestora

Ing. Șt. Nibeleanu*)

Generalități

Noțiunea de praf definește în prezenta lucrare toate particulele solide de natură minerală sau organică, avînd dimensiunea variind de la o valoare submicronică pînă la 1 mm.

Particulele de praf se pot întîlni sub formă sedimentată sau în suspensie. Ușurința cu care particula de praf poate fi învolburată pentru a fi în suspensie și durata de sedimentare după încetarea factorului excitator, depinde de greutatea, volumul ei, precum și de suprafața specifică care este exprimată prin raportul dintre suprafața totală și volum.

Suprafața specifică reprezintă însă un parametru dificil de determinat, o examinare microscopică lăsînd să se întrevadă o formă neregulată, materialul putînd fi și poros. Ca atare se ia în considerație granulația prafului exprimată prin diametrul mediu al particulei, care pentru simplificare se consideră o sferă. Diametrul mediu al particulei de praf se poate calcula cu relația :

$$d = \sqrt[3]{\frac{2\,d_1^2 \cdot d_2^2}{d_1 + d_2}}, \qquad (1)$$

unde :

d_1, d_2 reprezintă dimensiunea maximă și minimă a fracției.

Dacă la gaze proprietățile explozive sînt clar conturate, amestecurile gazoase rămînînd omogene un timp nedefinit, la prafuri ele depind de gradul de dispersie, respectiv de concentrația lor pe unitatea de volum. Foarte rar rezultă un amestec omogen și chiar obținut el nu are un caracter stabil, ca urmare a tendinței de sedimentare. Chiar și în decursul exploziei pot apărea modificări de concentrații de praf. Stabilitatea norului de praf este influențată de granulometria și densitatea lui, fiind supusă legii lui Stokes pentru particulele mai mari de 1 μm și legii lui Stokes-Cunningham pentru particulele cuprinse între 0,1 și 1 μm.

Prafurile sînt explozibile numai în stare învolburată (în suspensie) și într-o anumită concentrație. Explozivitatea prafului învolburat crește cu gradul de dispersare a prafului, cu suprafața specifică a particulelor componente și cu finețea lui, fenomenul exploziv putînd avea loc numai sub o anumită mărime a granulației. Mecanismul de declanșare a exploziei prafului aflat în suspensie este următorul: flacăra sau particulele incandescente ajunse în norul de praf, încălzesc prin radiație particulele vecine, producînd oxidarea suprafeței lor și o piroliză a materiei. Aceasta duce la degajarea de gaze combustibile, care acoperă particulele cu un înveliș gazos și care la o anumită temperatură se aprind. În cazul cărbunilor piroliza începe la 300—400°C în condițiile unui conținut ridicat de volatile și la aproximativ 500°C în caz contrar.

Orice proces de ardere reprezintă o reacție exotermă, în care, de la o sursă de amorsare (ardere), în unitatea de timp se primește mai multă căldură decît se consumă. Viteza inițială a reacțiilor este cu atît mai mare cu cît temperatura este mai ridicată. La un moment dat viteza de ardere este atît de mare încît combustia se realizează în fracțiuni de secundă și atunci se poate spune că are loc explozia propriu-zisă. Această combustie se propagă din aproape în aproape, fenomenul de explozie putîndu-se dezvolta numai acolo unde există cel puțin concentrația minimă explozivă de praf. Unda de șoc care se formează produce o învolburare a prafului în zonele încă neafectate. Transmisia progresivă a energiei termice, fenomen cunoscut și sub denumirea de deflagrație, este în funcție de anumiți factori care o influențează și poate avea loc cu o viteză care să varieze de la cîțiva decimetri pînă la zeci de metri pe secundă. În cazul detonației se ajunge la o viteză de propagare de ordinul a km/s.

Explozia este influențată de spațiul închis sau deschis în care are loc. Există o limită inferioară și una superioară de concentrație explozivă, sub care și peste care nu se pot produce explozii. Între aceste două limite există o concentrație optimă de praf la care presiunea de explozie este maximă. Fiecare praf exploziv se caracterizează și printr-o viteză de creștere a presiunii în unitatea de timp $(dp/dt)_{max}$ (bar/s).

Prezența oxigenului este un factor indispensabil pentru a se putea produce explozia prafului aflat în stare de suspensie. La diluarea acestuia cu azot intensitatea exploziei scade, iar sub un anumit conținut de oxigen nu se mai produce. Un alt factor absolut necesar pentru producerea exploziei îl constituie energia minimă de amorsare.

*) Ing. Șt. Nibeleanu este cercetător științific la ICEMENERG — București.

Toți acești parametri necesari pentru a se putea cunoaște caracteristicile explozive ale unui praf, se deduc pe cale experimentală.

1. Analiza factorilor care concură la inițierea exploziei prafului în suspensie și condiționează intensitatea ei

După cum s-a arătat, factorii care concură la producerea exploziei prafurilor în suspensie și condiționează intensitatea ei sînt: concentrația prafului în suspensie, energia de amorsare, existența oxigenului peste o anumită limită, corelate cu caracteristicile structurii prafului. Desfășurarea și intensitatea exploziei prafului este influențată de volumul spațiului închis în care are loc.

1.1. *Concentrația prafurilor în suspensie*

În conformitate cu literatura de specialitate [1] concentrația minimă explozivă a multor prafuri variază, de regulă, între 20—60 g/m³, cea maximă între 2—6 kg/m³, iar amestecul stoichiometric între 100 și 300 g/m³.

În continuare se indică după Amy [2] concentrațiile minime explozive ale unor metale și aliaje (tabelul 1), ale unor materiale plastice și materii prime ce intră în componența acestora (tabelul 2) și diverse substanțe nealimentare (tabelul 3). În tabelul 4 se dau concentrații minime explozive ale unor cărbuni folosiți în țară, pe baza determinărilor efectuate de Centrul de Cercetări pentru Securitatea Minieră (CCSM) Petroșani.

Concentrația minimă explozivă este legată de un număr minim de particule la care se mai poate propaga arderea de la o particulă la alta și este dependentă de puterea calorifică a prafului. Concentrația maximă explozivă este legată de un număr maxim de particule care se pot aprinde de la o sursă de foc și care pot propaga arderea la totalitatea particulelor înconjurătoare.

1.2. *Energia minimă de amorsare*

Energia de amorsare a exploziei este energia termică produsă de o sursă oarecare (scînteie, corp înroșit, praf autoaprins etc.) de natură să genereze un focar de ardere capabil să se propage la particulele înconjurătoare cu o viteză suficient de mare. Energia minimă de amorsare este energia cea mai mică capabilă să realizeze inflamarea norului de praf, producînd desfășurări rapide ale reacțiilor, ceea ce generează caracterul exploziv al procesului. Pentru prafuri de

Tabelul 1

Concentrații minime explozive și temperaturi de inflamare a unor metale și aliaje după L. Amy [2]

Natura prafului	Concentrația minimală explozivă [g/m³]	Presiunea maximală a exploziei [bar]	Viteza maximă de creștere a presiunii [bar/s]	Temperatura de inflamare [°C]		Energia minimală de inflamare [mJ]	Concentrația minimă de oxigen [%]
				În suspensie	Depozitat		
— Aluminiu atomizat	45	6,6	>1400	640	490	15	2
— Aluminiu în foi	35	9,5	>1400	550	320	10	3
— Bor	100	6,5	230	470	390	60	—
— Cadmiu	—	0,5	7	570	250	4000	—
— Crom	230	411	350	580	400	140	14
— Cobalt	—	—	—	760	370	—	—
— Cupru	—	—	—	700	—	—	—
— Fier	105	4,0	560	320	170	20	10
— Magneziu	20	8,1	1050	540	480	20	25
— Molibden	—	—	—	720	360	—	—
— Nichel	—	Nu se inflamează					
— Plumb	—	0,2	7	580	270	—	—
— Siliciu	100	7,5	840	780	760	80	11
— Uraniu	60	4,8	350	20	100	45	1
— Vanadiu	220	4,0	70	500	497	60	13
— Zinc	480	4,9	125	600	310	640	—
— Zirconiu	60	6,3	910	20	190	5	—
— Aluminiu — cobalt	180	6,4	770	550	570	40	—
— Aluminiu — cupru	100	6,7	280	930	0	100	—
— Aluminiu — fier	—	4,3	125	550	450	720	—
— Aluminiu — litiu	<100	6,7	420	470	400	140	—
— Aluminiu — magneziu	20	7,3	700	540	420	20	3
— Aluminiu — nichel	280	6,2	700	940	540	300	14
— Aluminiu — siliciu	40	6,0	520	670	—	60	—
— Feromagneziu	130	4,3	350	450	290	80	—
— Ferosiliciu	400	7,9	250	—	—	400	—
— Fe[illegible]otitan	140	3,9	150	370	330	80	13
— Fe[illegible]vanadiu	1300	—	—	440	380	400	17
— Au[illegible] cupru-zinc	1000	3,1	90	370	190	—	—

Tabelul 2

Concentrații minime explozive și temperaturi de inflamare a unor materiale plastice și materii prime ce intră în componența acestora

Natura materialului	Concentrația minimală explozivă [g/m³]	Presiunea maximală de explozie [bar]	Viteza maximă de creștere a presiunii [bar/s]	Temperatura de inflamare [°C]		Energie minimală de inflamare [mJ]	Concentrația minimală de oxigen [%]
				în suspensie	depozitat		
1	2	3	4	5	6	7	8
MATERIALE PLASTICE							
— Rășină de acetal (poliformaldehidă)	35	7,9	290	440	—	20	11
— Metil acrilat de metil	30	7,1	125	440	—	15	14
— Copolimer de metil acrilat și de etil acrilat de metil	30	6,1	350	480	—	10	11
— Copolimer de metil acrilat de etilacrilat de metil și de stiren	25	6,3	310	440	—	80	—
— Copolimer de metacrilat de metil-stiren-butaden și acrilonitril	25	6,1	330	480	—	20	11
— Copolimer de metacrilat de metil-stiren-butaden și acrilat de etil	25	5,9	300	480	—	25	13
— Acid metacrilic	45	6,8	125	450	290	100	—
— Metacrilat de izobutil	20	5,2	200	500	280	40	—
— Acrilamidă	40	6,0	175	410	240	30	—
— Copolimer de acrilamidă și de clorură de vinil-benziltrimetilamoniu	1000	0,9	7	810	500	8000	—
— Acrilonitril	25	6,2	250	500	460	20	13
— Copolimer de acrilonitril și vinilpiridină	20	6,0	420	510	240	25	—
— Copolimer de acrilonitril de clorură de vinil și de clorură de viniliden	35	6,1	1050	650	210	15	—
— Celuloză	45	9,1	560	410	260	25	—
— Acetat de celuloză	35	9,5	420	410	380	20	14
— Triacetat de celuloză	35	7,2	140	430	—	30	12
— Acetobutirat de celuloză	35	5,9	240	410	—	30	14
— Propionat de celuloză	25	7,3	330	460	—	60	—
— Tripropionat de celuloză	25	6,2	280	460	—	45	—
— Etilceluloză	25	8,4	490	320	330	10	11
— Metilceluloză	30	9,3	420	360	340	20	—
— Carboximetil celuloză	60	8,8	310	350	260	140	16
— Polietilenă	20	6,0	460	400	380	10	13
— Carboxipolimetilenă	115	5,3	140	520	—	640	—
— Polipropilenă	20	5,3	380	420	—	25	—
— Polistiren	20	7,0	490	490	470	15	14
— Nailon	30	6,9	490	500	430	20	13
— Acetat de polivinil	35	6,2	220	520	440	120	17
— Clorură de polivinil	20	5,9	140	390	290	10	14
— Copolimer de clorură de vinil și de acrionitril	35	6,6	530	530	470	15	15
— Amestec de clorură de polivinil și distilftalat	35	5,0	190	320	—	50	—
— Rășină alilică	35	7,4	840	500	—	20	13
— Melamină	65	6,5	125	790	—	50	15
— Uree-formol	70	6,4	250	450	240	80	17
— Rășină epoxidică	20	6,6	600	510	—	15	12
— Rășină fenol furfurol	25	6,3	600	520	310	10	14
— Rășină fenolică	20	7,7	840	420	180	10	14
— Tereftalat de dimetil	40	6,9	390	500	—	35	—
— Poliuretan	25	6,7	260	510	390	15	—
— Rășină de cumaron indiană	15	6,5	770	520	—	10	14
— Lac	250	5,0	35	490	200	180	—
— Rășină șelac	20	5,1	250	400	—	10	14
— Rezinat de sodiu	35	6,9	120	350	220	100	14

Tabelul 2 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
MATERII PRIME ŞI MATERIALE PLASTICE							
— Acid acetoacetanilic	30	6,3	330	560	—	20	—
— Acid adipic	35	5,9	190	550	—	60	—
— Acid azelaic	25	3,2	330	610	—	25	14
— Acid etilen diamintetraacetic	75	7,4	210	450	—	50	—
— Acid fumaric	85	7,2	210	520	—	35	—
— Acid izoftalic	35	3,4	220	700	—	25	14
— Acid α-amino α-metil-tiobutric	25	8,3	420	370	360	35	7
— Acid salicilic	25	3,2	—	590	—	—	13
— Acid tereftalic	50	5,9	560	680	—	20	—
— Anhidridă ftalică	15	5,0	290	650	—	15	11
— Benzendisulfonat de sodiu	350	—	—	630	450	5000	—
— Dibutil terţiar de paracresol	15	5,3	700	420	—	15	9
— Dioxid de diciclopentadienă	15	6,2	610	420	—	30	9
— Difenol	20	6,2	310	570	—	15	—
— Hexametilen tetraamină	15	6,9	770	410	—	10	11
— Izoftalat de dimetil	25	5,8	560	580	—	15	—
— Lactalbumină	40	6,1	220	570	240	50	13
— Nitrosoamină	25	12,2	1050	270	—	60	—
— Paraformaldehidă	40	9,3	910	410	—	20	—
— Paranitroclorobenzen, sulfonat de fier	85	6,5	140	460	330	420	—
— Paranitroclorobenzen, sulfonat de sodiu	85	5,6	130	450	320	180	—
— Paraoxibenzaldehidă	20	5,7	450	380	430	15	—
— Parafenilen diamină	25	6,6	770	620	—	30	—
— Pentaeritrol	30	6,3	660	400	—	—	7
— Cheag de cazeină	45	4,5	—	520	—	60	17
— Tereftalat de diamină	30	7,2	840	50	—	20	6

acelaşi fel valoarea energiei minime de amorsare este practic proporţională cu mărimea particulelor.

Energia minimă de amorsare a exploziei este dependentă de concentraţia prafului de cărbune (fig. 1) şi de conţinutul de materiale volatile al cărbunelui (fig. 2), iar timpul de amorsare a exploziei este în funcţie de degajarea de materiale volatile (fig. 3).

Valorile energiilor minime de amorsare pentru diverse prafuri sînt date în tabelele 1—4.

1.3. *Existenţa oxigenului şi structura prafurilor*

Existenţa oxigenului în cantitate suficientă este un factor strict necesar producerii exploziilor. În tabelele 1—4 se dă conţinutul minim de oxigen necesar pentru unele prafuri pentru ca explozia să poată avea loc. Concentraţia minimă de oxigen necesară producerii exploziei, poate varia între 1% în cazul uraniului şi 25% în cazul magneziului. La praful de cărbune concentraţia minimă de oxigen la care se pot produce explozii este de 14%.

Intensitatea exploziei este influenţată şi de granulaţie: cu cît aceasta este mai fină, cu atît explozia este mai puternică. Cînd valoarea granulaţiei depăşeşte o anumită limită explozia nu mai are loc. Această limită este dependentă de natura prafului, dar de regulă nu este mai mare de 400 μm. Totuşi, existenţa în amestec cu prafurile grosiere a unor fracţiuni fine, poate genera amestecuri explozive dacă

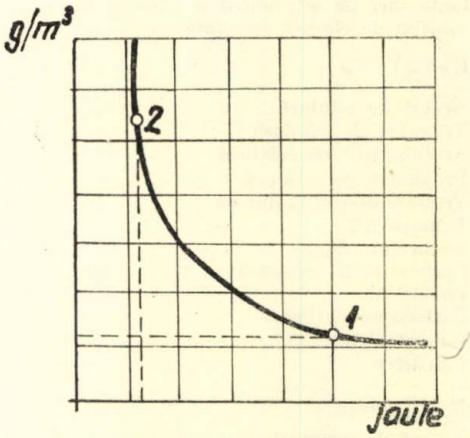


Fig. 1. Dependenţa energiei minime de amorsare a exploziei în funcţie de concentraţia prafului de cărbune [3] : 1-limita inferioară a concentraţiei explozive ; 2-limita superioară a concentraţiei explozive.

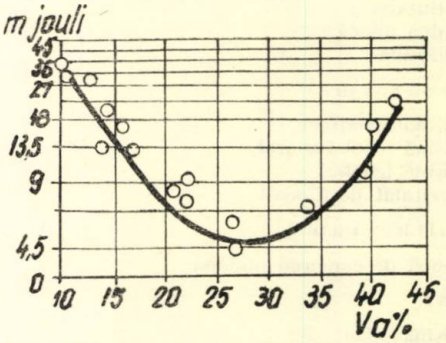


Fig. 2. Dependenţa energiei minime de amorsare a exploziei în funcţie de conţinutul de materiale volatile al cărbunelui [3].

Tabelul 3

Concentrații minime explozive și temperaturi de inflamare ale diverselor produse după L. Amy [2]

Natura prafului	Concentrația minimă explozivă [g/m³]	Presiunea maximală a exploziei [bar]	Viteza maximă de creștere a presiunii [bar/s]	Temperatura de inflamare [°C]		Energia minimală de inflamare [mJ]	Concentrația minimă de oxigen [%]
				în suspensie	depozitat		
— Asfalt	25	6,2	320	560	—	25	—
— Cauciuc brut	25	6,5	220	320	290	30	15
— Cărbune bituminos	50	6,0	—	610	—	50	—
— Săpun	45	5,9	—	430	—	60	—
— Sulf	35	5,6	—	190	—	15	—
— Stearat de aluminiu	15	6,6	—	400	—	15	—

Tabelul 4

Caracteristici de inflamabilitate și explozivitate ale prafului de cărbune

Nr. crt.	Denumirea probei	Analiza tehnică de laborator		Parametrii de inflamabilitate și explozie			Presiunea maximă explozivă
		$W_a + A_a$ [%]	MV_{mc} [%]	TM [°C]	TMA [°C]	CM_{ex} [g/m³]	concentrația de exploatare [bar/g.m³]
1	Șlam sortat Petrila	24,62	—	270	760	56,99	4,3/600
2	Sortat Petrila	40,94	—	250	805	171,26	3,6/600
3	Mixt Petrila	50,64	—	370	825	6—603*	Nu
4	Sortat Livezeni	51,36	—	340	805	214,8	2,0/600
5	Șlam Coroiești	20,44	—	235	750	57,15	4,3/800
6	Supragranulație Coroiești	44,23	—	200	760	95,1	3,6/600
7	Mixte Coroiești	60,62	—	255	845	2,5—553*	Nu
8	Mixte Lupeni	51,37	—	305	825	5,8—624*	Nu
9	Cărbune IE Rovinari	51,80	58,12	250	605	92	4,15/600
10	Cărbune IE Rovinari	52,07	60,92	250	605	92	4,0/600
11	Cărbune IE Rovinari	54,22	60,62	230	630	97	3,57/600
12	Lignit bazinul Motru (IE Craiova)	40,61	59,60	215	630	89,9	3,4/800
13	Mixte Valea Jiului	50,30	—	235	615	74,5	4,0/600
14	Sărmășag	49,80	56,4	270	610	72	3,3/500
15	Voivozi	37,07	52,2	310	580	83	2,9/500
16	Suplac	71,10	—	445	690	Nu	Nu
17	Țebea	43,79	54,7	260	760	84,5	2,9/500
18	Căpeni	47,00	60,19	240	680	96,9	2,9/500
19	Lignit Turcia	49,7	60,2	245	715	209	0,8/500
20	Huilă Iugoslavia	42,50	48,3	280	680	64,8	4,/400
21	Huilă Polonia	37,0	31,00	225	620	40	6,7/600
22	Huilă URSS	25,00	—	250	620	207	4,0/300

* În cadrul concentrațiilor respective nu au apărut explozii :

W_a — umiditatea raportată la proba analizată ;
A_a — cenușă raportată la proba analizată ;
MV_{mc} — conținutul de materii volatile raportat la masa combustibilă ;
TM — temperatura de mocnire ;
TMA — temperatură minimă de inflamare ;
CM_{ex} — concentrația minimă explozivă.

concentrația fracțiunilor fine depășește limita inferioară explozibilă.

Existența de substanțe volatile duce la creșterea explozivității prafurilor, spre deosebire de componentele cu caracter de balast, care micșorează acest pericol.

1.4. *Volumul în care se desfășoară explozia*

Numeroase experimentări efectuate cu praf uri explozive au demonstrat că pentru volume mai mari de 0,04 m³ se poate folosi „legea cubică", care dă dependența creșterii maxime în timp a presiunii $(dp/dt)_{max}$ de volumul recipientului și anume :

$$\left(\frac{dp}{dt}\right)_{max} \cdot V^{1/3} = K_{st}, \ [\text{bar.m.S}^{-1}] \qquad (1)$$

unde :

V este volumul recipientului [m³] ;
K_{st} — parametru specific al prafului [bar.m.S^{-1}], care depinde, în primul rînd, de felul prafului și de repartiția granulelor, de tulburența amestecului praf/aer în momentul aprinderii și de felul aprinderii.

În tabelul 5 se prezintă dependența dintre clasa de explozie și K_{st} pentru o sursă de inițiere de 10 kJ și o granulație <63 μm, după [6].

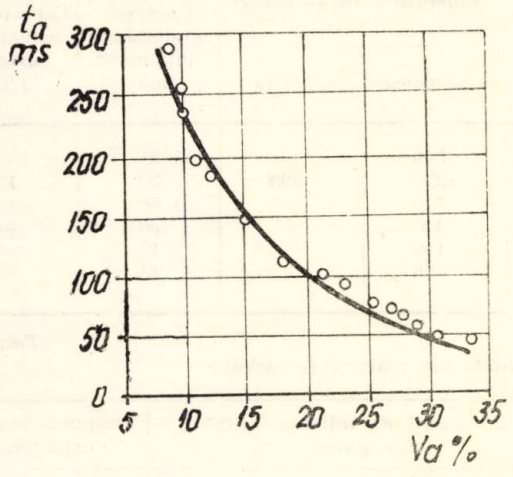


Fig. 3. Dependența timpului de amorsare a exploziei prafului de cărbune de eliminarea de materiale volatile [3].

Tabelul 5

Dependența dintre clasa de explozie și K_{st} pentru sursă de inițiere de 10 kJ și o granulație < 63 μm (după VDI 3673/ iunie 1979).

Clasa de explozie	K_{st} [bar.m.S^{-1}]
St 1	>0...200
St 2	>200...300
St 3	>300

2. Curba variației presiunii în timp în caz de explozie

În figura 4 se dă curba de principiu a variație presiunii în timp, în caz de explozie. Se observă o creștere mai lentă a curbei de presiune legată de perioada de început a exploziei, urmată de o creștere bruscă, după care în apropierea presiunii maxime viteza de creștere a acesteia scade, pînă la atingerea valorii maxime a presiunii, după care capătă un caracter descendent.

Dacă se unește punctul de începere a creșterii presiunii ca urmare a inițierii exploziei C cu punctul D, care reprezintă presiunea maximă, atunci tg β, unde β este unghiul format de dreapta CD cu dreapta presiunii nominale, reprezintă viteza medie de creștere a presiunii de explozie.

Tg α, unde α este unghiul format de tangenta AB la curba de creștere a presiunii în timp cu dreapta presiunii nominale, reprezintă viteza maximă de creștere a presiunii de explozie.

În condițiile unei explozii prezintă importanță presiunea maximă de explozie, recipientele fiind dimensionate să țină la o anumită presiune, și viteza maximă de creștere a presiunii de explozie, $\operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta p}{\Delta t}$, care reprezintă efectul de șoc al exploziei și care, cu cît va fi mai mare, cu atît va avea urmări mai distructive.

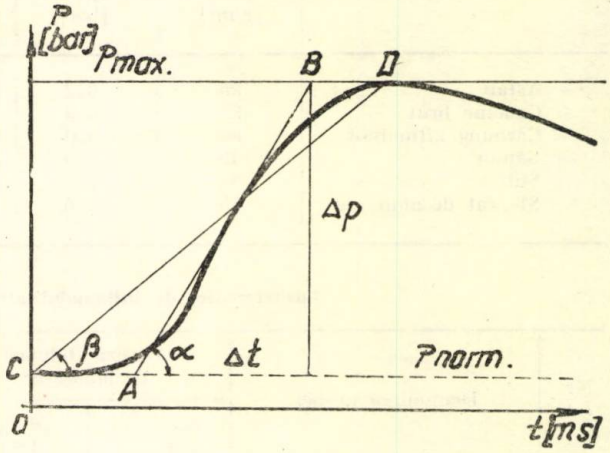


Fig. 4. Curba de principiu a variației presiunii în timp în caz de explozie : tgα — viteza maximă de creștere a presiunii ; tgβ — viteza medie de creștere a presiunii.

Exemplu de calcul. Se presupune că presiunea maximă de explozie este 6,6 bari, iar timpul de creștere a presiunii (segmentul AE din figura 4) măsurat pe curba de creștere a presiunii în timpul exploziei este 41 ms ; creșterea presiunii în timp va fi :

$$\frac{dp}{dt} = \frac{6{,}6\ [\text{bari}]}{0{,}041\ [\text{s}]} = 161\left[\frac{\text{bari}}{\text{s}}\right].$$

În figura 5 se arată influența volumului recipientului asupra desfășurării procesului exploziv. Se observă că în timp ce presiunea maximă de explozie nu se modifică creșterea presiunii în timp scade cu mărimea volumului recipientului.

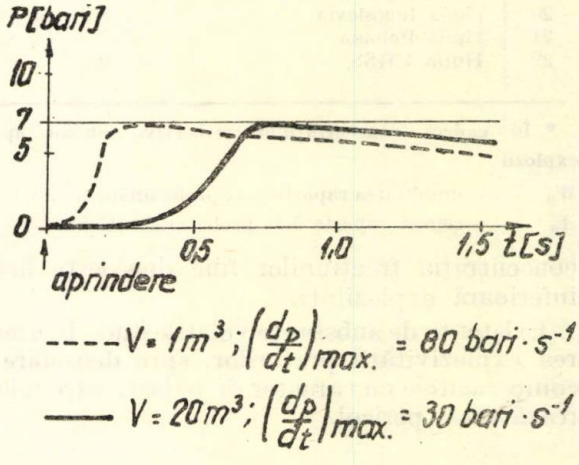


Fig. 5. Modificarea curbei de variație a presiunii în timp, în funcție de volumul recipientului [1], în cazul prafului de cărbune.

Dacă se procedează la verificarea curbelor din figura 5 cu relaţia (1) se obţine:

$$\left(\frac{dp}{dt}\right)_{\text{max. 1 m}^3} = \left(\frac{dp}{dt}\right)_{\text{max. 20 m}^3} \cdot 20^{1/3},$$

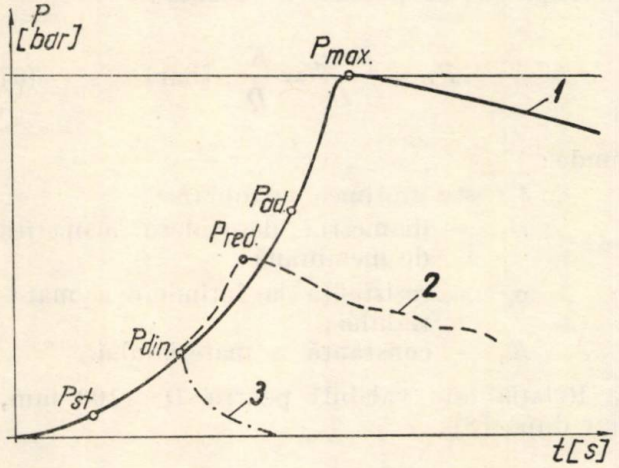


Fig. 6. Variaţia presiunii în timp la producerea exploziei: 1 — recipient sau instalaţie neprotejată; 2 — cu folosire de clapete de explozie; 3 — cu folosire de membrane.

sau:

$$\left(\frac{dp}{dt}\right)_{\text{max. 20 m}^3} = \frac{80}{\sqrt[3]{20}} = 29{,}8 = 30\left[\frac{\text{bar}}{\text{s}}\right].$$

3. Propagarea exploziilor în cazul unor recipiente legate prin conducte

Pot apărea două situaţii distincte, şi anume: recipientele sînt de acelaşi volum sau de volume diferite.

3.1. *Propagarea exploziilor în cazul unor recipiente de acelaşi volum*

Experimentările efectuate pe modele [1] au arătat că lungimea conductei de legătură are o influenţă mai mică asupra desfăşurării exploziei în cele două recipiente.

În cazul apariţiei de oscilaţii de presiune creşterea presiunii în timp dp/dt la recipientul în care se produce explozia poate să se mărească pînă la de patru ori, iar în recipientul în care se transmite pînă de 3—10 ori, în funcţie de diametrul conductei de legătură.

Dacă în recipientul în care se produce explozia presiunea maximă de explozie nu este influenţată ca valoare, în cel de al doilea recipient ea poate creşte cu pînă la 10%.

Pentru a se elimina influenţa conductei de legătură este necesar să se respecte corelaţia:

$$\frac{F_c}{V_T} > 0{,}4 \text{ m}^2/\text{m}^3, \qquad (2)$$

unde:

F_c este secţiunea conductei (m^2);
V_T — suma volumelor celor două recipiente (m^3).

3.2. *Propagarea exploziilor în cazul unor recipiente de volume diferite*

În cazul în care recipientul în care apare explozia este mai mic decît cel cu care este în legătură, pe bază de experimentări pe modele [1] s-au constatat la primul recipient comparativ cu un recipient similar nelegat, creşteri ale presiunii maxime şi ale lui $(dp/dt)_{max}$, creşteri care sînt mai mari în al doilea recipient. Dacă recipientul în care s-a produs explozia este cel mai mare apar aceleaşi fenomene, cu precizarea că la recipientul mai mic intensitatea exploziei (P_{max}, $(dp/dt)_{max}$) va fi şi mai mare decît în primul caz.

Pentru a se elimina influenţa conductei de legătură este necesară respectarea relaţiei:

$$0{,}002 \text{ m}^2/\text{m}^3 > \frac{F_c}{V_T} > 0{,}4 \text{ m}^2/\text{m}^3, \qquad (3)$$

cu aceleaşi semnificaţii ca în relaţia (2).

4. Măsuri de prevenire a efectelor exploziilor

Prevenirea efectelor exploziilor se poate obţine prin două metode, şi anume: realizarea unor recipiente şi instalaţii care să reziste la presiunea de explozie sau amplasarea unor clapete, respectiv membrane de explozie, care în momentul producerii exploziei se deschid, respectiv se sparg, permiţînd presiunii care se realizează să se descarce în exterior.

4.1. *Instalaţii şi recipiente care rezistă la explozie*

Se vor realiza în soluţii care se pretează mai bine la solicitări, adică pe cît posibil corpuri simetrice de rotaţie, fără muchii ascuţite şi fără suprafeţe plane mari. Materialul folosit trebuie să fie rezistent, pentru ca să poată face faţă solicitărilor ce apar în timpul exploziei. La stabilirea acestor solicitări se va lua în considerare presiunea maximă de explozie, la temperatura normală de lucru.

Pentru cazul instalaţiilor de pregătire a prafului de cărbune normativele sovietice prevăd că elementele echipamentelor trebuie să fie calculate la o presiune interioară de:

$$P_c = 2{,}5 + 3{,}5 \; P_{in}, \qquad (4)$$

pentru combustibilii cu eliminare de substanţe volatile pe masa combustibilă sub 35% (cu excepţia antracitului şi semiantracitului), şi

$$P_c = 3{,}5 + 4{,}5 \; P_{in}, \qquad (5)$$

pentru combustibili cu eliminare de substanțe volatile pe masa combustibilă peste 35%, unde:

P_c este suprapresiunea de calcul [bar];

P_{in} — suprapresiunea inițială în sistem [bar].

În conformitate cu același normativ calcularea sistemului de praf se face la sarcina statică, pornindu-se de la tensiunea admisibilă egală cu limita de fluaj.

În normativul american pentru instalarea și manipularea sistemelor de pulverizare a combustibililor nr. 60—1973 se prevede ca instalațiile care lucrează în depresiune sau la presiune atmosferică să fie proiectate la o presiune interioară de ≈3,52 bari, iar pentru instalații care lucrează la o suprapresiune de peste 0,14 bari, rezistența să fie crescută proporțional cu 3,52 bari/bar.

4.2. *Clapete și membrane cu descărcare în caz de explozie*

Acestea nu se pot folosi atunci cînd se manipulează materiale otrăvitoare, toxice sau în cazul în care prin deversare pot fi afectate instalații industriale sau personalul de deservire.

Pentru a se înțelege variația curbei de presiune în caz de explozie cînd se folosește protecția cu clapete sau membrane se introduc următoarele noțiuni suplimentare:

P_{st} — presiunea la care cedează organul de descărcare la o creștere lentă a presiunii [bar]. Această creștere lentă nu trebuie să depășească 0,5 bar. La membranele a căror distrugere se realizează cu ajutorul unei capse explozive, P_{st} corespunde presiunii de declanșare a capsei explozive;

P_{din} — presiunea la care cedează organul de descărcare în momentul inițierii exploziei [bar];

P_{red} — presiunea la care sînt solicitate, în caz de explozie, recipientul sau instalația la folosirea clapetei de explozie [bar];

P_{ad} — presiunea la care rezistă recipientul sau instalația [bar].

Membrana este un element de protecție care în momentul atingerii unei anumite presiuni se distruge, permițînd descărcarea de presiune fără pericol de distrugere a recipientului sau a instalației la care a fost prevăzută.

Clapeta de explozie este un element de protecție care în momentul atingerii unei anumite presiuni se deschide, permițînd descărcarea de presiune a recipientului sau a instalației pe care o protejează, după care, sub acțiunea unor rezcarte, revine în poziția inițială. Față de membrană are dezavantajul că prin rezistența ce o opune mai permite un timp creșterea presiunii în recipient sau instalație cu $\Delta P = P_{red} - P_{din}$; după producerea exploziei rămîne însă în stare de funcțiune, fără a mai fi necesară o intervenție a omului.

După [1] se poate scrie relația:

$$P_{st} = \frac{\delta \cdot \sigma_t}{D} = \frac{K}{D}, \text{ [bar]} \qquad (6)$$

unde:

δ este grosimea membranei;

D — diametrul deschiderii acoperite de membrană;

σ_t — rezistența la întindere a materialului;

K — constantă a materialului.

Relația este valabilă pentru $D > 100$ mm, iar după [8]:

$$P_{din} = \left(\frac{dp}{dt}\right)_{max} \cdot f_p + P_{st}, \text{ [bar]} \qquad (7)$$

unde: $\left(\frac{dp}{dt}\right)_{max} < 1 \left[\frac{\text{bar}}{\text{ms}}\right]$ și $f_p = 2-5$, funcție de construcția, prinderea și materialul membranei.

Pentru dimensionarea orificiilor de descărcare se pornește de la determinarea mărimii $(dp/dt)_{max}$, pentru cazul volumului recipientului sau al instalației ce trebuie protejate, cu folosirea relației (1).

Valoarea K_{st} se poate obține, de regulă, pe cale experimentală, dar la nevoie pentru calcule de orientare se pot lua date din literatura de specialitate. Astfel, din figura 5 rezultă pentru cazul prafului de cărbune testat $K_{st} = 80$.

Scăderea presiunii în unitatea de timp dintr-un recipient de volum V și presiune P la deschiderea unui orificiu de suprafață F se poate exprima prin relația:

$$-\frac{dp}{dt} = \alpha \cdot \frac{F}{V} \sqrt{\frac{2RT}{M} \cdot P(P - P_a)}, \qquad (8)$$

unde:

α este coeficient de trecere;

F — suprafața orificiului de descărcare;

V — volumul recipientului ce trebuie protejat;

R — constanta gazului;

T — temperatura absolută;

M — greutatea moleculară medie a amestecului exploziv;

P — presiunea maximă din recipient;

P_a — presiunea atmosferică.

Considerîndu-se că pentru realizarea unui echilibru este necesar ca creşterea maximă de presiune $(dp/dt)_{max}$ să fie mai mică sau cel mult egală cu scăderea de presiune, ca urmare a evacuării amestecului exploziv prin orificiul de suprafaţă F în atmosferă (vezi relaţia (8)), rezultă:

$$F = \frac{V\left(\frac{dp}{dt}\right)_{max}}{\alpha\sqrt{\frac{2RT}{M}}\cdot\sqrt{P(P-P_a)}}. \qquad (9)$$

Pentru determinarea orificiilor de descărcare în [6] sînt propuse un număr de nomograme de calcul (în funcţie de volum) al: P_{st}, P_{red} $(P_{din})K_{st}$ (St) pentru dimensionarea suprafeţei de descărcare (fig. 7,8). În aceste diagrame lui $P_{st} = 1{,}1 \ldots 1{,}5$ îi corespund suprapresiuni de $0{,}1 \ldots 0{,}5$ bar, iar lui $P_{red} = 1{,}2 \ldots 3{,}0$ bar suprapresiuni de $0{,}2 \ldots 2$ bar.

În cazul prafului ce se încadrează în clasele 1 şi 2 de explozie, nomogramele sînt valabile pentru presiuni maxime de explozie de 11 bar, iar în cazul prafurilor din clasa 3 de explozie, pentru presiuni maxime de explozie de pînă la 13 bar. Ca regulă K_{st} care se ia în considerare la nomograme trebuie să fi fost determinat experimental la o granulaţie <63 μm. În cazul unor $P_{st} \leqslant 2$ bar, altele decît cele din nomograme, se va lucra prin extrapolare.

Nomogramele au fost trasate pentru o presiune de lucru normală şi pot fi utilizate ca atare, fără corecturi, pînă la o suprapresiune de 0,2 bar şi recipiente pînă la 30 m³.

Normativul american indică pentru recipiente pînă la 30 m³ orificii de descărcare cuprinse între 0,11—0,33 m²/m³.

Normativul sovietic prevede pentru instalaţiile de preparare a prafului de cărbune din termocentrale 0,04 m²/m³, atunci cînd acestea sînt calculate la o suprapresiune interioară de 0,4 bar/cm², şi 0,025 m²/m³, cînd acestea sînt calculate la o suprapresiune interioară de 1,5 bar/cm².

După [6] în cazul unor recipiente legate prin tubulatură în condiţiile unui $P_{st}<1{,}2$ bar(0,2bar suprapresiune) şi de volume egale $(\Delta V \pm 10\%)$ se pot folosi nomogramele din figurile 7 şi 8.

Dacă recipientele sînt de volume diferite atunci în condiţiile folosirii nomogramelor din figurile 7 şi 8 este necesară calcularea recipientelor la o suprapresiune de lucru de cel puţin 2 bar. În cazul existenţei pericolului transmiterii exploziei de la un recipient rezistent la explozie fără orificii de descărcare, de exemplu moară, prin tubulatură mai lungă de 4—6 m, într-un aparat (recipient) mai mare, de exemplu ciclon, atunci acesta, pe lîngă faptul că va avea o suprafaţă de descărcare dublă faţă de cea calculată din nomograme, va trebui să fie calculat la o suprapresiune de cel puţin 2 bar. După acelaşi normativ, descărcarea unei tubulaturi la care viteza de explozie poate ajunge la detonaţie este realizabilă numai prin aplicarea de suprafeţe de descărcare la distanţe între ele de 1—2 m, ceea ce este posibil numai la instalaţii situate în aer liber, cu inconvenientul că pot fi eliminate materiale incandescente şi flăcări; de aceea se preferă să fie calculate la presiune (10 bar/cm²) sau, în special la cele mai lungi de 20 m, să li se asigure o descărcare frontală cu o deschidere egală cu cea a secţiunii tubulaturii.

În cazul amplasării instalaţiilor în spaţii închise, pentru a se asigura protecţia încăperii şi a personalului care lucrează acolo, este necesar ca descărcarea să se facă printr-o conductă dirijată în exterior, în atmosferă.

Amplasarea acestei conducte, în măsura în care împiedică procesul de evacuare duce la creşterea valorii P_{red} în momentul producerii exploziei. De asemenea, dacă flăcările sau produsele incandescente, în momentul evacuării, găsesc în ţeavă un amestec în concentraţie explozivă praf-aer se poate produce o nouă explozie în conductă. O creştere maximă a presiunii reduse de explozie poate fi luată în consideraţie atunci cînd viteza exploziei în conducta de evacuare a atins sau depăşeşte viteza supersonică. Pe aceste motive, normativele sovietice acceptă de la peretele vasului protejat pînă la amplasarea membranei de protecţie pentru caz de explozie, o conductă cu lungime pînă la 2 D şi chiar pînă la 10 D, D fiind diametrul interior al conductei.

Diagrama din figura 9 trasată conform [6] indică creşterea valorii P_{red} funcţie de lungimea de dirijare a produselor exploziei în exterior şi precizează că conductele mai lungi de 3 m trebuie să fie calculate la suprapresiuni de 6—10 bar şi să fie rotunde.

În R.S.R. nu există în prezent normative proprii în cadrul instalaţiilor de preparare a prafului de cărbune ce prezintă pericol de explozie, folosindu-se de regulă normativele sovietice. Se simte nevoia realizării unor normative proprii, realizare pe deplin posibilă.

5. Împiedicarea producerii exploziei prin înăbuşirea ei imediat după iniţiere

După cum s-a arătat, reducerea conţinutului de oxigen micşorează pericolul exploziilor şi slăbeşte forţa acestora, iar sub o anumită limită le elimină complet. Reducerea conţinutului de oxigen prin inertizare prin aport de gaze de ardere nu este întotdeauna posibilă, iar folosirea unui gaz inert, care să nu rezulte din fluxul tehnologic, dar care să fie introdus continuu (de exemplu azot) nu se justifică economic. Ca atare s-a preconizat realizarea unei inertizări rapide, numai în caz de nevoie, care să împiedice dezvoltarea exploziei prin înăbuşi-

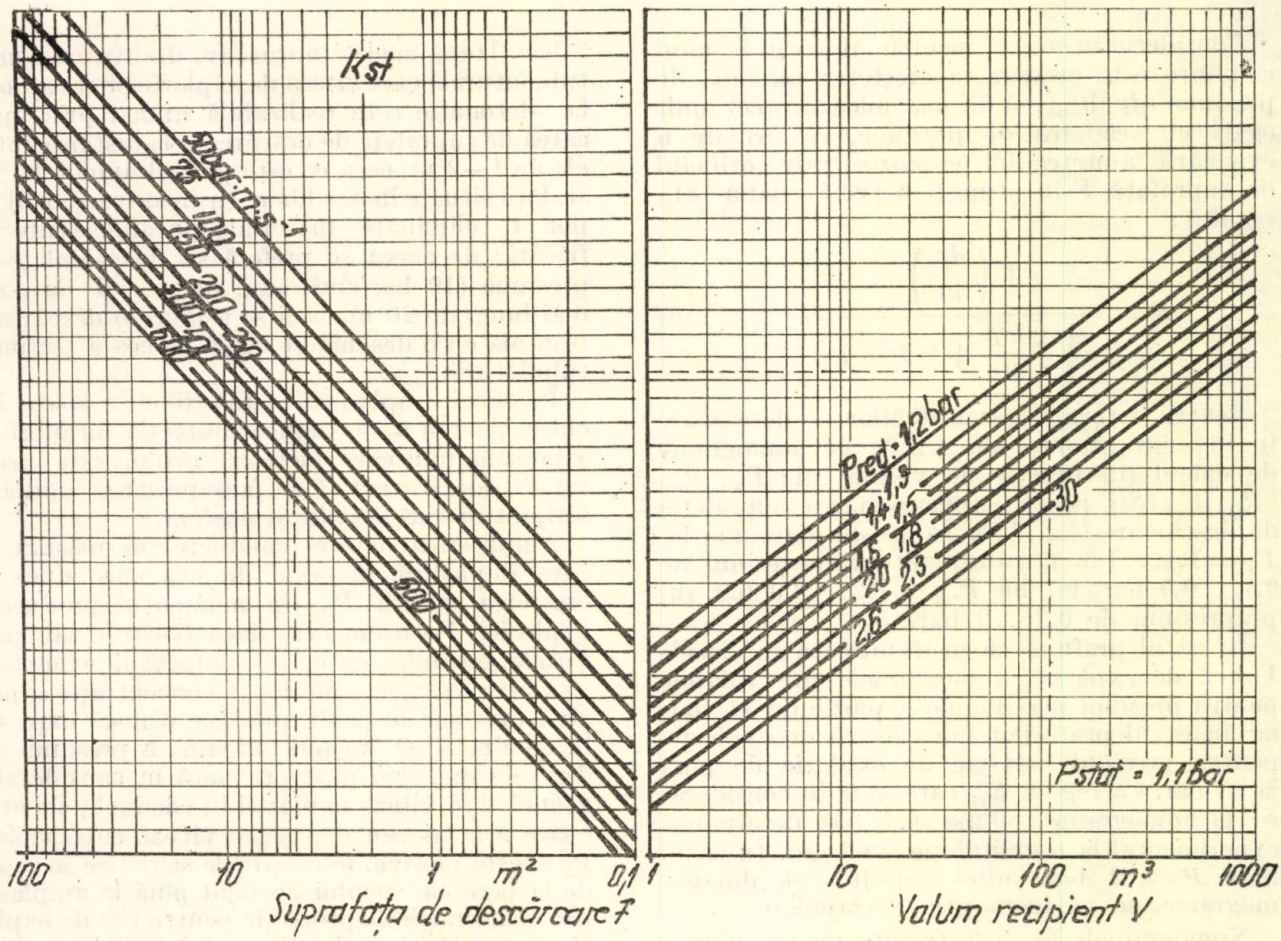


Fig. 7a. Nomogramă pentru $P_{st} = 1{,}1$ bar.

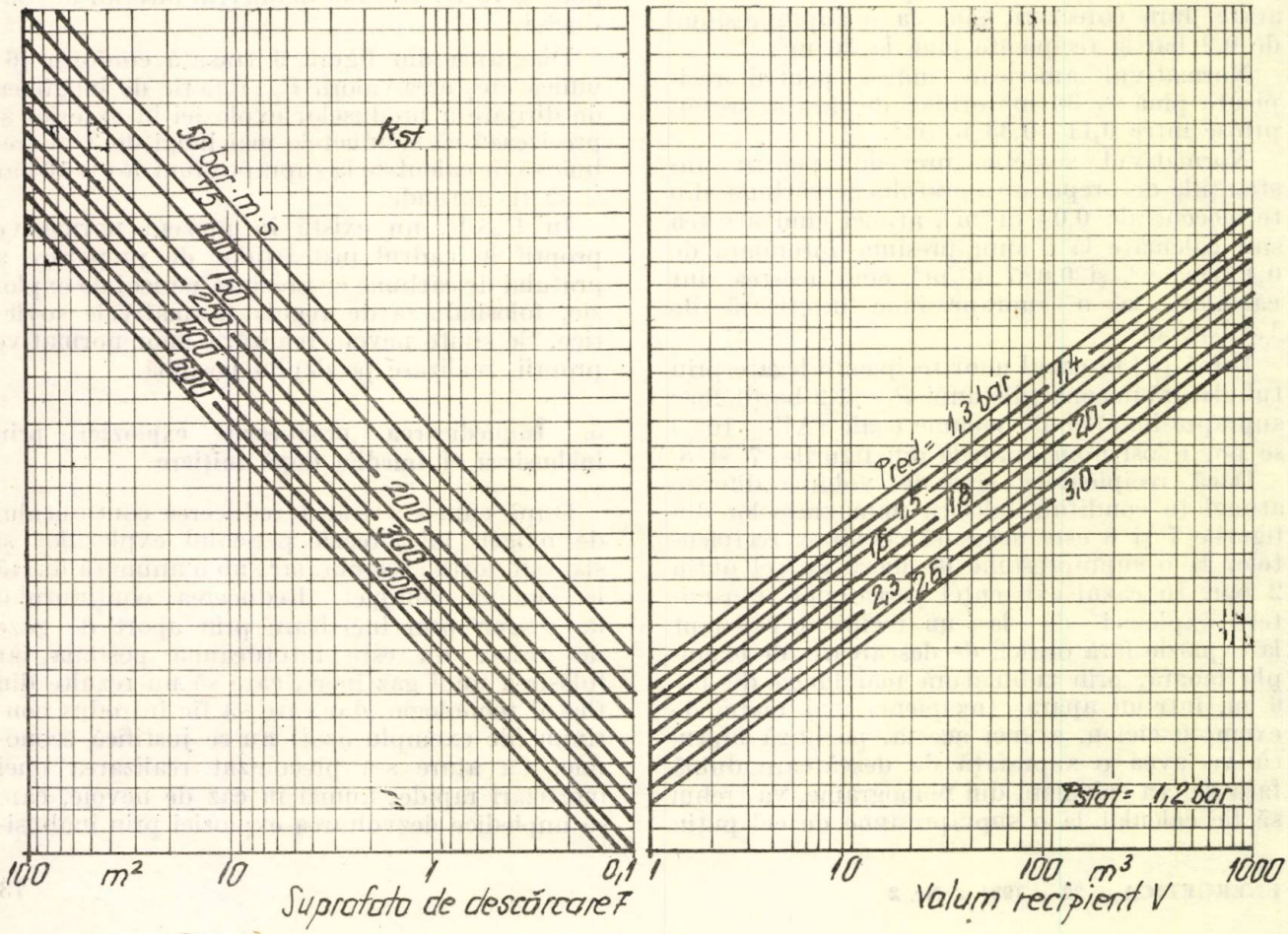


Fig 7b. Nomogramă pentru $P_{st} = 1{,}2$ bar.

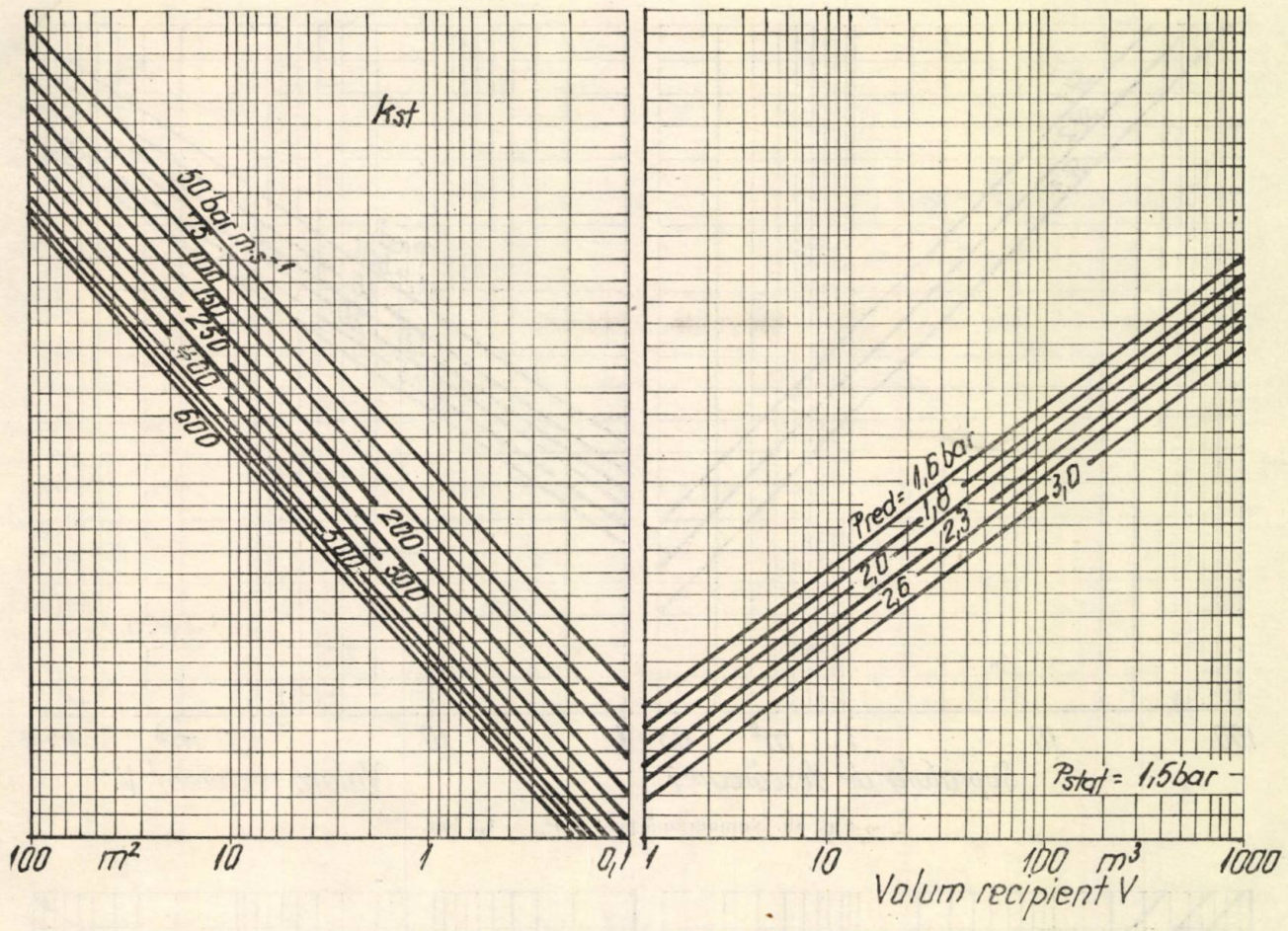


Fig. 7c. Nomogramă pentru $P_{st} = 1{,}5$ bar.

Fig. 7. Nomograme pentru determinarea orificiilor de descărcare cînd se cunoaște valoarea parametrului specific al prafului K_{st} după VDI 3673/1979.

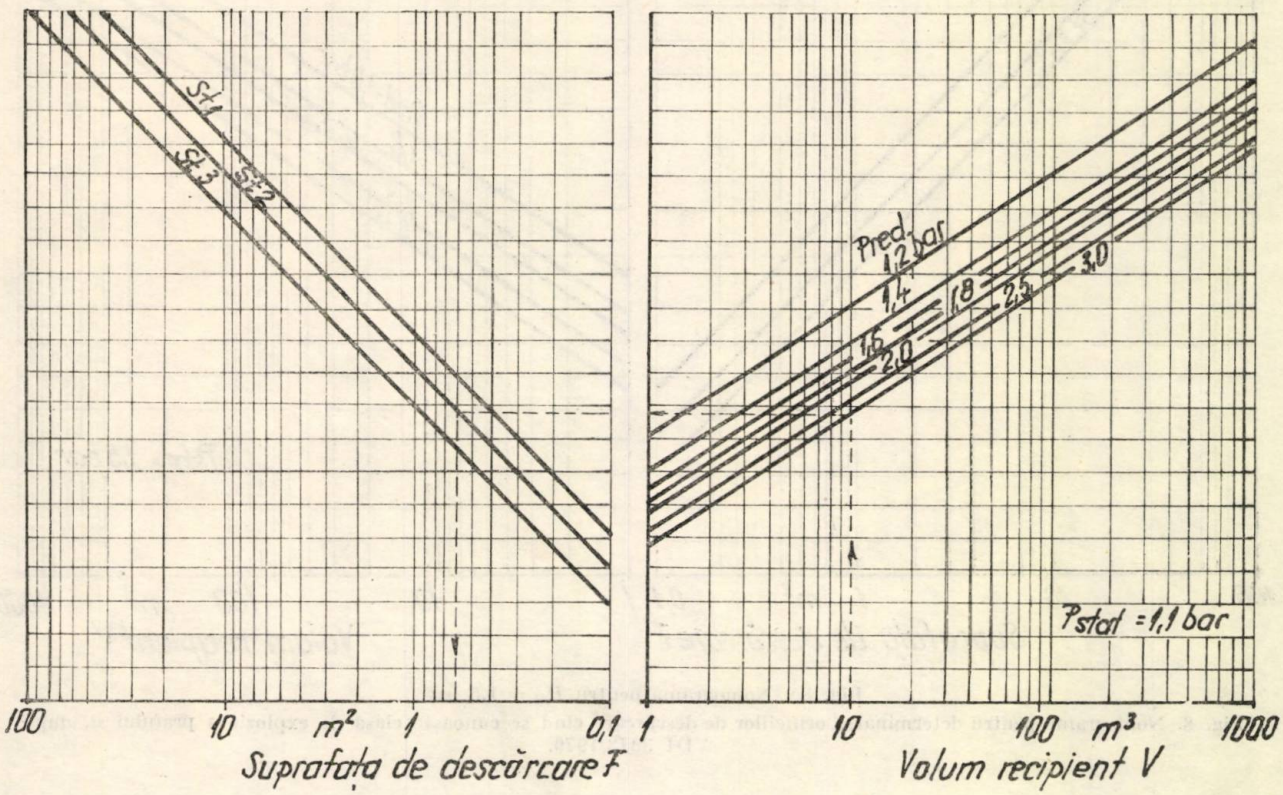


Fig. 8a. Nomogramă pentru $P_{st} = 1{,}1$ bar.

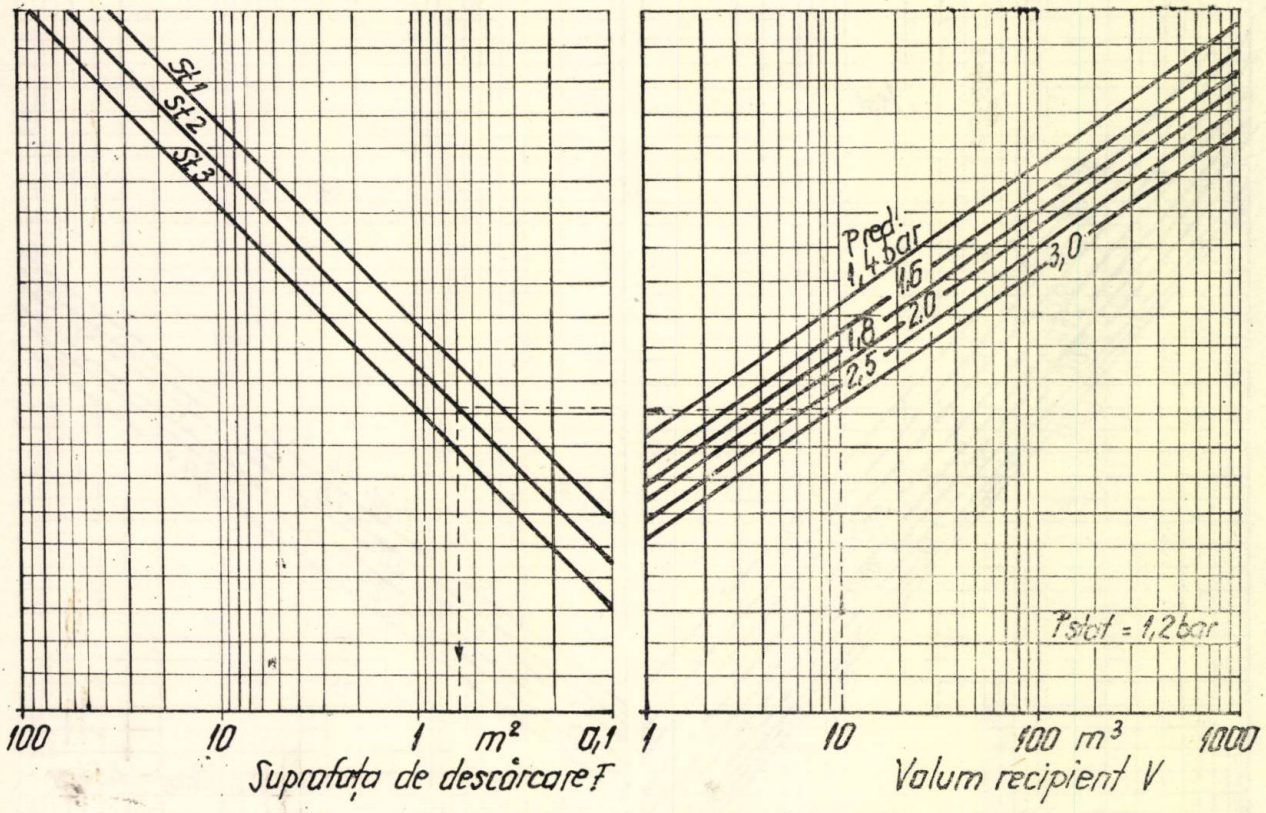


Fig. 8b. Nomogramă pentru $P_{st} = 1{,}2$ bar.

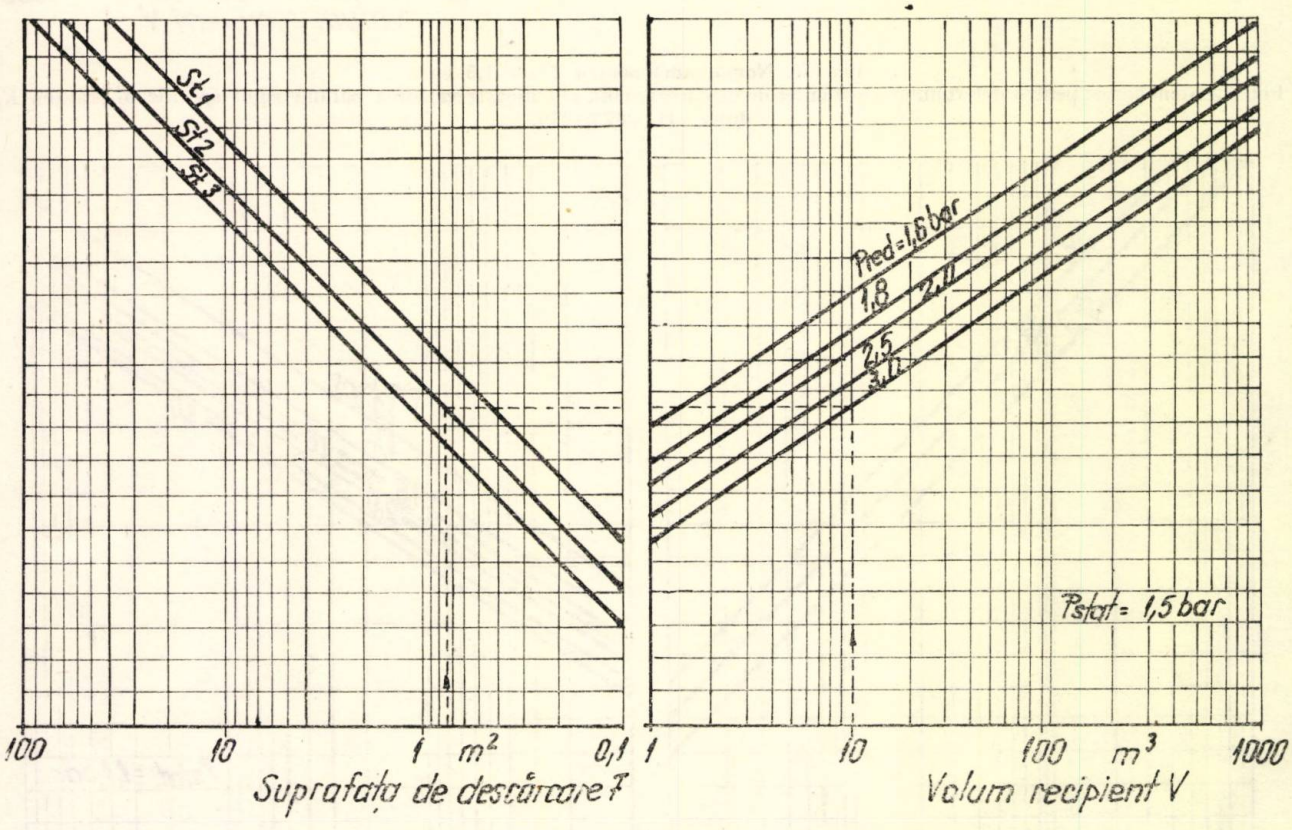


Fig. 8c. Nomogramă pentru $P_{st} = 1{,}5$ bar.

Fig. 8. Nomograme pentru determinarea orificiilor de descărcare cînd se cunoaște clasa de explozie a prafului *st*, după VDI 3673/1979.

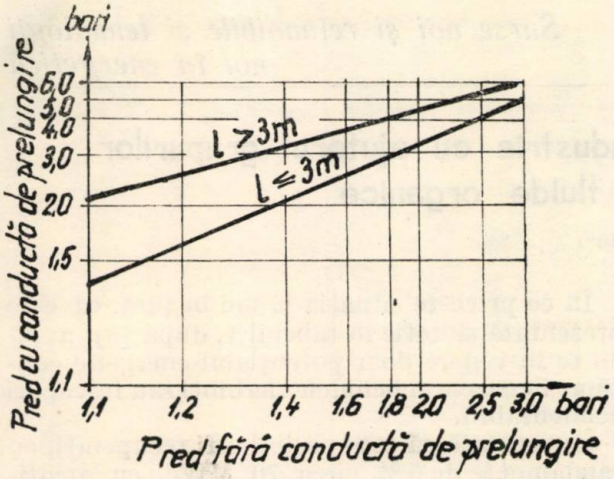


Fig. 9. Influenţa conductei de evacuare asupra presiunii de explozie redusă în recipientul protejat.

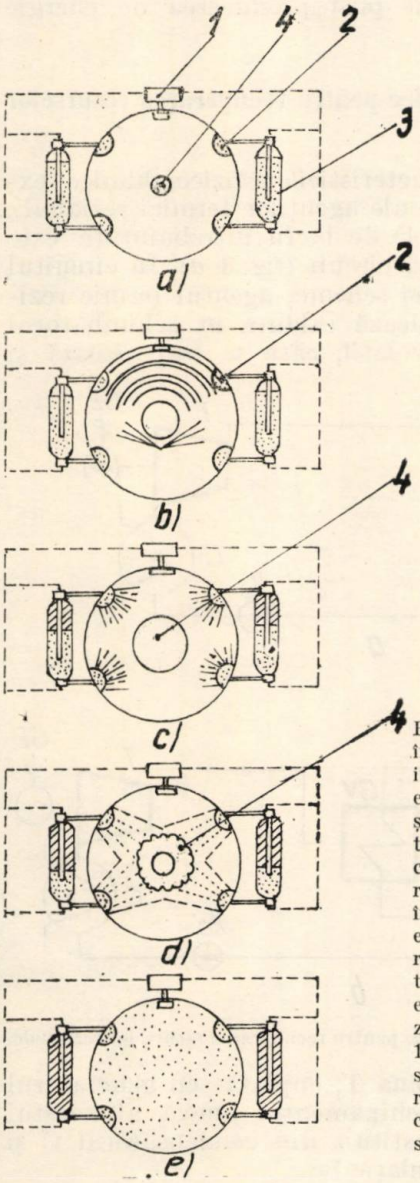


Fig. 10. Procesul de înăbuşire a exploziei iniţiate : a) iniţierea exploziei ; b) unda de şoc a ajuns la detectorul de presiune ; c) începe introducerea materialului de înăbuşire a exploziei ; d) începe limitarea propagării frontului de flăcări ; e) înăbuşirea exploziei a fost realizată ; 1 — detector de presiune ; 2 — cap pulverizare ; 3 — butelie cu inhibator sub presiune ; 4 — front de flacără.

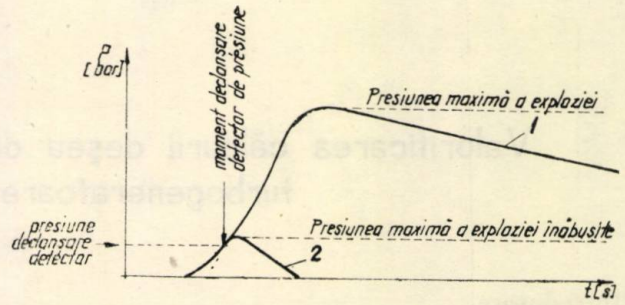


Fig. 11. Curba de dezvoltare a presiunii în timp în cazul : 1 — exploziei normale ; 2 — exploziei înăbuşite.

rea ei imediat după iniţiere. În figura 10 se dă procesul de înăbuşire a exploziei după iniţierea acesteia, iar în figura 11 curba de dezvoltare a presiunii în timp în cazul exploziei normale şi a exploziei înăbuşite.

O instalaţie de înăbuşire a exploziilor este constituită, de regulă, separat de cablajul electric din : tablou de comandă, detector de presiune (sau de altă natură), extinctoare (butelii umplute cu haloni sau cu praf inhibant presurizate cu azot), sistem de declanşare a descărcării extinctorului, cap de pulverizare, furtunuri de legătură şi diverse accesorii. De la tablou se comandă eliberarea substanţei inhibante pe bază de semnal primit de la detector, care realizează procesul de înăbuşire ca în figura 10. Capul de pulverizare asigură conul de pulverizare a substanţei de înăbuşire a exploziei.

6. Concluzii

Concluziile care se desprind constau în faptul că prin cunoaşterea factorilor care concură la iniţierea exploziilor se poate obţine prevenirea lor, iar atunci cînd producerea acestora nu se poate evita se pot lua măsuri eficiente de prevenire a avariilor sau a accidentelor. În R.S.R. nu există în prezent normative proprii elaborate. Sînt însă create toate premisele pentru a se trece la elaborarea lor pe baz de cercetări proprii, care să ofere datele de bază necesare.

Bibliografie

[1] Barknecht W. : *Explosionen — Ablauf und Schutzmassnahmen.* Ed. Springer-Verlag Berlin—Heidelberg—New York, 1978.

[2] Amy, L. : *Les explosions de poussieres.* Ed. Pierre Johanet et ses fils, Paris, 1968.

[3] Petruhin, P. M., Netepleav, M. I. ş.a. : *Preduprejdenie vzrîvov v ugolnih i slanţevih şahtah.* Ed. Nedra 1975, Moscova.

[4] * * * NEPA nr. 60—1973. *Pentru instalarea şi manipularea sistemelor de pulverizare a combustibilului S.U.A.*

[5] * * * *Regulament de protecţie împotriva exploziilor la alimentarea cu combustibil a centralelor electrice.* Ministerul de Energetică şi Electrificaţie, Moscova, U.R.S.S., 1975.

[6] * * * VDI 3673/iunie/1979. *Richtlinien. Druskentlastung von Staubexplosionen.*

[7] * * * *Cercetări ale CCSM Petroşani.*

[8] * * * *Cercetări ale firmei Lurgi.*

(Primit la 28 martie 1983, acceptat la 27 mai 1983)

Valorificarea căldurii deșeu din industrie cu ajutorul grupurilor turbogeneratoare cu fluide organice

Ing. A. Ruiu*)

Introducere

În condițiile unei grave crize de energie, pentru utilizarea rațională a resurselor disponibile, au fost puse la punct o serie de sisteme de recuperare energetică dintr-o gamă largă de procese industriale care dispun de importante cantități de căldură deșeu pe parcursul sau la finele fluxului tehnologic.

Tehnica recuperării, axată în principal pe obținerea de căldură sau energie electrică, este diferențiată, funcție de scopul urmărit, de gradul de complexitate al soluțiilor recomandate; în acest sens un element decizional important îl constituie factorul economic. Astfel, dacă recuperarea sub formă de căldură conduce la randamente de proces mai ridicate și investiții inițiale mai reduse în comparație cu producerea de energie electrică, ea are dezavantajul obligativității unui consumator specific permanent, ceea ce face ca în multe cazuri să fie preferată valorificarea sub formă de energie electrică, utilizabilă de către consumatorii electrici locali sau debitată în sistem.

În acest context, în lucrare se fac referiri la o serie de probleme legate de producerea de energie electrică în instalații cu ciclu termic clasic, utilizînd drept sursă primară o sursă de căldură reziduală cu potențial termic mediu (temperaturi între 50—250°C, [1]**).

1. Potențialul resurselor reziduale

Cantitățile de căldură evacuate din procesele tehnologice cu aerul sau apa de răcire au valori importante, îndeosebi în cazul marilor unități economice. Astfel, pentru o rafinărie relativ modernă, 55 % din energia primară se pierde sub formă de căldură reziduală evacuîndu-se cu temperaturi între 90°C și 200°C, circa 876×10^6 kJ/h, [2]. Dacă numai 65% din această putere ar fi valorificată în instalații de conversie cu fluide volatile avînd un randament mediu de 10 %, ar fi posibilă obținerea a 16 MWe, ceea ce constituie jumătate din necesarul de putere al rafinăriei.

În ce privește situația la noi în țară, ea este prezentată sintetic în tabelul 1, după [3], avîndu-se în vedere doar potențialul energetic conținut în gazele și lichidele fierbinți sau în vapori condensabili.

Se constată că este posibil a fi recuperați, cu randamente de 5 %, circa 70 MWe, cu mențiunea că cifra a fost obținută în condițiile unor aprecieri pesimiste și numai pentru acele resurse din cadrul marilor unități industriale cărora nu li se întrevede o altă posibilitate de recuperare decît prin producerea de energie electrică.

2. Scheme termice pentru recuperarea resurselor reziduale

Datorită caracteristicilor fizico-chimice extrem de diverse ale agenților termici reziduali, una din schemele de lucru întrebuințate este schema cu dublu circuit (fig. 1 *a*). În circuitul primar al acestei scheme, agentul termic rezidual (ATR) cedează căldura în schimbătorul Sc unui fluid volatil, care se vaporizează și

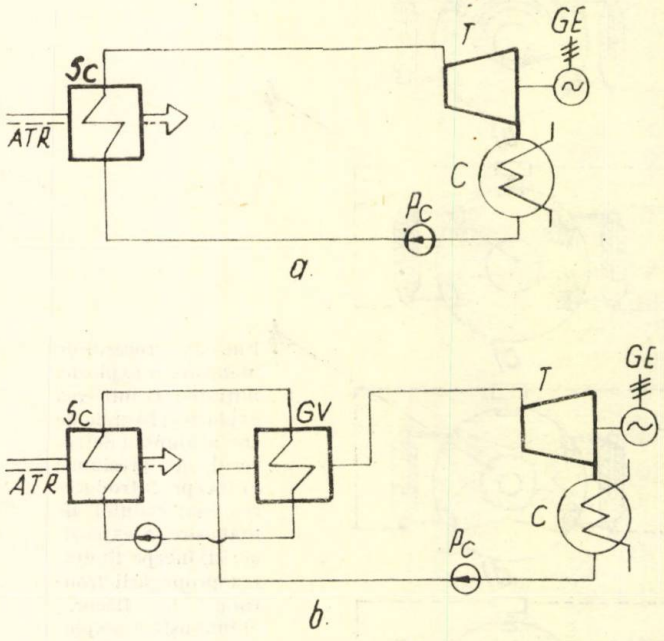


Fig. 1. Scheme termice pentru recuperarea resurselor reziduale.

antrenează turbina T, cuplată cu generatorul electric GE. Echipamentul anexă al acestui circuit este constituit din condensatorul C și pompele de circulație Pc.

* Ing. A. Ruiu este cercetător științific la ICEMENERG.

** Temperaturile de 50—250°C utilizate în [1] pentru definirea unei surse ca avînd potențial termic mediu pot oscila în jurul valorilor menționate funcție de diverse criterii avute în vedere.

Tabelul 1

Potențialul recuperabil sub formă de energie electrică în unități industriale mari din R.S.R.

Denumirea / Sursa reziduală	Gaze fierbinți		Lichide fierbinți + vapori condensabili
	Centrale electrice	Alte unități	Combinate chimice
Temperatura resursei [°C]	130—170	200—300	90—250
Număr de ore de utilizare [h/an]	6—7000	6—8000	6000
Randament de recuperare (de calcul) [%]	5	5	5
Potențialul energetic recuperabil [MWe]	23	17	20—30*
Puterea recomandată pentru un grup turbogenerator de recuperare [kWe]	500—1000	100—300	100—500

* Rezultatele au fost extrapolate după un studiu de caz efectuat de către ICEMENERG — București la Combinatul Chimic Borzești.

Schema este deosebit de simplă și în afară de turbină, care necesită un calcul special datorită utilizării agenților volatili, celelalte elemente, cum ar fi schimbătoarele de căldură, nu pun probleme deosebite de proiectare-realizare, dată fiind experiența vastă existentă în acest domeniu, în special în industria chimică.

Necesitatea extragerii unei cantități cît mai mari de căldură fără ca temperatura agentului rezidual să fie scăzută prea mult (de exemplu, pentru a se evita atingerea temperaturii de rouă acidă), face ca uneori, între circuitul primar și cel secundar, să fie introdus un circuit intermediar, avînd ca agent termic apa (fig. 1 *b*) și deși în felul acesta schema se complică, iar investiția se mărește, metoda este recomandabilă pentru faptul deloc de neglijat, că permite o tipizare a circuitului secundar.

În cazul în care instalația recuperatoare este prevăzută a se instala la finele fluxului tehnologic, o variantă de lucru ar fi aceea în care prin intermediul unui ventil cu trei căi, cu acționare automată, agentul rezidual să fie dirijat către instalația recuperatoare, unde va ceda căldura agentului termodinamic. În general, datorită atît căderilor mici de entalpie din turbină, cît și faptului că în majoritatea cazurilor de recuperare destinderea se termină în domeniul supraîncălzit, schemele folosite au și un desupraîncălzitor de vapori înaintea condensatorului propriu-zis, ceea ce mărește eficiența ciclului.

O astfel de schemă, cu un număr minim de echipamente, deci cu o investiție minimă, concepută pentru a produce 2600 kWe este prezentată în figura 2 [4].

3. Turbine cu fluide volatile

Nivelul de temperaturi relativ scăzute ale surselor reziduale a făcut ca pentru antrenarea turbinelor utilizate în tehnica recuperării căldurii deșeu, în locul vaporilor de apă să fie folosite fluidele volatile de tipul freonilor, toluenului, tetracloretilenei etc. Motivele au fost prezentate într-o serie de lucrări [5], [6], [7], [8], unele din ele legate de utilizarea energiei solare, unde nivelul temperaturilor de lucru este similar cu cel din tehnica recuperării căldurii reziduale. Turbinele prezentate în lucrările menționate sînt de tipul axial sau radial centripet într-o singură treaptă; aici datorită căderilor mici de entalpie ale fluidelor volatile se vehiculează debite mari de lucru, ceea ce face să fie recomandabilă admisia totală.

Una din problemele importante ale dimensionării unor astfel de turbine este legată de obținerea turației standard, deoarece, în majoritatea cazurilor, fluidele utilizate cer, pentru obținerea unor performanțe maxime, turații mai mari de 3 000 rot/min, ceea ce îngreunează

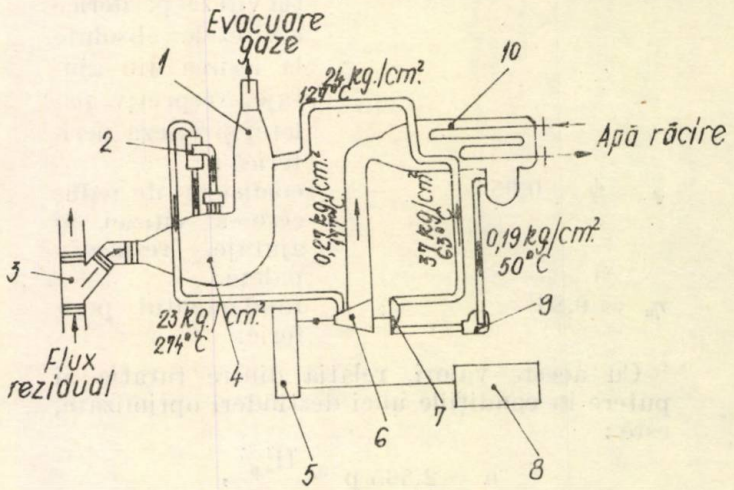


Fig. 2. Grup turbogenerator de 2600 kWe cu toluen : 1 — preîncălzitor ; 2 — separator ; 3 — vană cu trei căi ; 4 — vaporizator ; 5 — reductor ; 6 — turbină ; 7 — pompă de alimentare ; 8 — generator sau compresor ; 9 — pompă booster ; 10 — condensator.

realizarea lagărelor și complică mult schema electrică a generatorului (în cazul în care nu a fost prevăzut un demultiplicator de turație, care însă înrăutățește randamentul global al instalației,

îi reduce gradul de fiabilitate și are dezavantajul unor dimensiuni mari).

În acest context, ținînd cont de posibilitățile existente în țară, în lucrare este studiată problema folosirii turației de 3000 rot/min (sau a unei valori apropiate), pentru cazul particular al unei trepte axiale funcționînd cu freon 11 sau freon 113, menționînd totuși, că, datorită parametrilor constructivi și funcționali aleși, această treaptă ar putea reprezenta un model (de bază) în proiectarea turbinelor pentru recuperarea resurselor reziduale.

S-a analizat relația putere-turație folosindu-se formule similare cu cele prezentate în lucrarea [5], pentru o treaptă cu acțiune avînd următoarele caracteristici:

$p_c = 1{,}2$ ata	reprezintă	presiunea de condensație;
$\varepsilon = 1$	—	gradul de admisie;
$\tau_{p2} = 0{,}9$	—	factorul de îngustare al secțiunii de ieșire din rotor;
$\alpha_1 = 20$	—	unghiul de înclinare al jetului la ieșirea din ajutaje;
$\nu = 0{,}85$	—	raportul dintre diametrul roții purtătoare de palete și diametrul exterior al treptei;
$\frac{\Delta C_u}{u} = 1{,}965$	—	raportul dintre diferența algebrică a proiecțiilor pe direcția vitezei periferice a vitezelor absolute la ieșirea din ajutaje, respectiv palete, și viteza periferică u;
$\varphi = \psi = 0{,}95$	—	coeficienți de reducere a vitezei în ajutaje, respectiv palete;
$\eta_u = 0{,}83$	—	randamentul periferic.

Cu aceste valori, relația dintre turație și putere în condițiile unei destinderi optimizate, este:

$$n = 2{,}565\ p^{-0,5}\frac{H_{ad}^{1,25}}{v_2^{0,5}},$$

unde:

- n este turația, în rot/min;
- p — puterea, în W;
- H — căderea adiabată de entalpie, în j/kg;
- v_2 — volumul specific la finele destinderii, în m/kg.

Rezultatele sînt prezentate în graficul din figura 3, unde t_1[°C] reprezintă temperatura vaporilor saturați, la intrarea în turbină. Se constată că în domeniul de interes, delimitat între nivelul de putere de 1000 kW (vezi tabelul 1, rubrica referitoare la puterea recomandabilă pentru un grup turbogenerator) și turația de 6000 rot/min (valoarea maxim accesibilă, din punct de vedere tehnologic, în condițiile R.S.R. pentru turbine cu puteri de ordinul sutelor de kilowați, dacă se are în vedere folosirea unor reductoare) se poate folosi R 113* cu temperaturi de intrare în turbină cuprinse între 100 și 150°C sau R 11 cu temperaturi de circa 100°C.

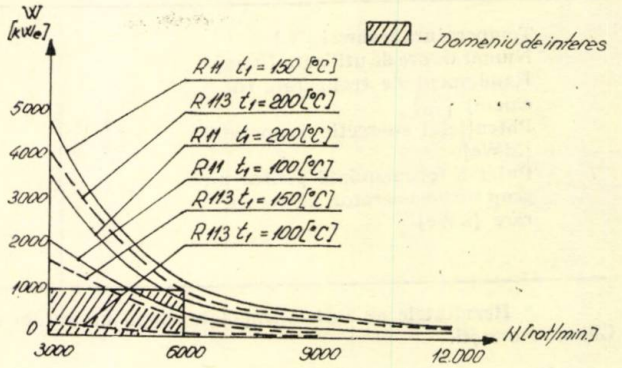


Fig. 3. Dependența puterii de valoarea turației în condițiile unei destinderi optimizate.

În cazul adoptării turației de 3000 rot/min se poate utiliza R 113 cu temperaturi maxime de intrare de 100—120°C sau R 11 cu temperaturi de 70—75°C, în ambele cazuri puterea pe treaptă fiind cuprinsă între 300 și 1000 kWe.

Dimensionarea unor turbine la puteri mai mari de 1000 kWe deși posibilă pentru turația de 3000 rot min, după cum reiese din grafic, este puțin probabilă, deoarece implică surse de căldură reziduală de capacități foarte mari, date fiind randamentele globale efective de recuperare, estimate a fi de ordinul a 5%.

4. Concluzii

Utilizarea căldurii deșeu din industrie cu ajutorul grupurilor turbogeneratoare cu fluide organice reprezintă o problemă importantă a cărei rezolvare ar putea conduce la economii globale de combustibil estimate la 170—300.000 t c.c. an **.

Cercetarea-proiectarea trebuie să adopte însă, din multitudinea de variante posibile tehnic, cele mai eficiente soluții, adesea acestea fiind specifice fiecărui caz în parte, cunoscut fiind că una din condițiile de bază ale implementării unor tehnologii noi este obținerea competitivității economice.

---

* În lucrare diversele variante de freoni sînt desemnate prin indicativul R urmat de o cifră.

** Cifra este calculată ținînd cont de un randament de transformare de 35%.

Bibliografie

[1] Bilegan, C., Gâdea, G., Ruiu, A.: *Recuperarea căldurii deșeu din procesele industriale prin conversia în energie electrică.* Sesiunea de comunicări științifice 12—13 XI—82—IRE Suceava.

[2] Neacher, J.: *Organic Rankine cycle systems for waste heat recovery in refineries and chemical process plants.* In: Modern Powers Systems, sept. 1981.

[3] *** *Studiu privind posibilitățile de valorificare a căldurii de temperaturi scăzute prin producerea de energie electrică în instalații cu fluide volatile* — Lucrare ICEMENERG—1982.

[4] Lacey, D., Prosad, A.: *Five organic Rankine cycle systems installed at field test sites.* In: Modern Power Systems, sept. 1981.

[5] Ruiu, A.: *Turbine cu freon pentru centrale solaro-electrice de mică putere.* In: Energetica, 30, 3/1982.

[6] Verneau, A.: *L'emploi des fluides organiques dans les turbines solaires.* In: R.G.E., nr. 5/1978.

[7] Waraningas, V.: *PURPA makes free organic Rankine cycles systems economic.* In: Modern Power Systems, oct. 1981.

[8] Casci, G., Macchi, E. ș.a.: *Heat recovery in a ceramic kiln with an organic Rankine cycle engine* — Heat Recovery Systems, nr. 2, 1981.

(Primit la 3 februarie 1983, acceptat la 27 mai 1983)

Aplicarea efectului TOMS la reducerea consumului de energie de pompare a lichidelor

Dr. ing. A. Leca, dr. chim. Minodora Leca*)

Într-o lucrare anterioară [1] s-au prezentat elementele generale ale efectului Toms, precum și principalele rezultate ale cercetărilor efectuate în străinătate și în țara noastră privind descrierea și caracterizarea acestui efect.

Efectul sau fenomenul Toms constă în reducerea considerabilă a pierderilor lineare de presiune la curgerea turbulentă a unui lichid, cu pînă la 65—70 %, în care s-au introdus cantități mici (de ordinul părților pe milion — ppm) din anumite substanțe, numite aditivi, în comparație cu pierderile lineare de presiune ale lichidului neaditivat. Lichidul cel mai cercetat a fost apa, pentru care s-au identificat o serie de polimeri (polietilenoxid, poliacrilamide) ca cei mai buni aditivi; există preocupări similare și pentru alte categorii de lichide decît apa.

Avînd în vedere că prin aditivarea lichidelor se poate obține o reducere a pierderilor de presiune la curgerea unui lichid (ca atare, o micșorare a consumului corespunzător de energie de pompare) și/sau o mărire a debitului de lichid vehiculat, fenomenul Toms și-a găsit foarte repede diverse aplicații [2, 3], dintre care cele mai importante vor fi prezentate în lucrarea de față.

Rețele industriale de apă. Utilizarea aditivilor în aceste sisteme are drept scop reducerea pierderilor de presiune și, respectiv a energiei de pompare. Se menționează că dintre cele patru componente ale creșterii de presiune a lichidului într-o pompă (diferența de presiune manometrică, diferența de presiune geodezică, pierderile lineare și pierderile locale de presiune de pe traseul conductelor de aspirație și de refulare ale pompei), aditivii polimerici pot acționa numai asupra unei singure componente, respectiv asupra pierderilor lineare de presiune, celelalte componente fiind nemodificate de prezența aditivilor.

Dintre problemele asociate utilizării aditivilor polimerici în rețelele industriale de apă se menționează: modificarea regimului hidraulic de funcționare a pompei și rețelei, modul de introducere a aditivului în rețea, comportarea mecanică și chimică a aditiviului, calculul economic al circuitelor deschise și închise de conducte de apă cu aditiv [4].

Încercările experimentale efectuate cu poliacrilamida românească Medasol 7530 ca aditiv, au arătat că se pot obține reduceri de 30—35% ale pierderilor lineare de presiune, pentru concentrații în apă de 20—30 ppm [1].

Modificarea condițiilor de funcționare a ansamblului pompă-rețea de conducte este arătată în figura 1. Punctul 1, aflat la intersecția curbe-

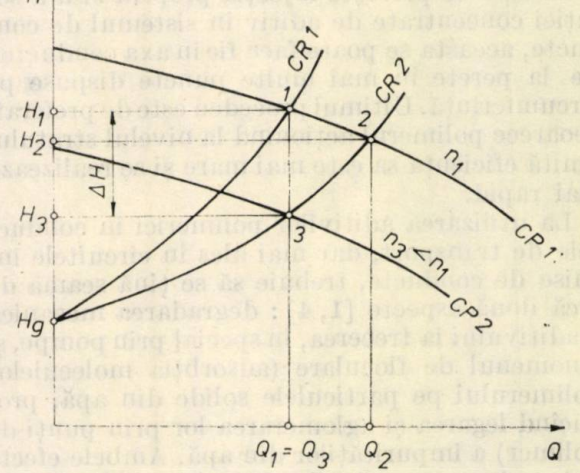


Fig.1. Curbele caracteristice de funcționare a unui ansamblu pompă-rețea: H — înălțimea de refulare a pompei; Q — debitul de lichid; CP — caracteristica pompei; CR — caracteristica rețelei; Hg — înălțimea geodezică a rețelei

*) Autorii sînt cadre didactice la Institutul Politehnic București.

lor CP1 și CR1, reprezintă punctul de funcționare a ansamblului pompă-rețea în absența aditivului. La introducerea aditivului polimeric în sistemul de conducte, pierderile lineare de presiune se reduc, astfel încît caracteristica rețelei CR1 se deplasează în CR2. La noul punct de funcționare 2, debitul $Q_2 > Q_1$, iar înălțimea de refulare $H_2 < H_1$. În acest caz, pentru aproximativ aceeași putere de pompare $P_p \sim Q_1 H_1 \sim Q_2 H_2$, introducerea aditivului are drept efect majorarea debitului de apă prin instalație. Revenirea la debitul necesar Q_1 se poate face fie prin micșorarea turației pompei de la n_1 la $n_3 < n_1$, fie prin înlocuirea pompei cu o altă pompă cu caracteristica CP2. Noul punct de funcționare 3 va avea debitul $Q_1 = Q_3$ și înălțimea minimă de refulare necesară $H_3 < H_2 < H_1$. Această ultimă metodă este cea mai economică din punct de vedere energetic, deoarece reducerea puterii de pompare ΔP_p este maximă și proporțională cu produsul $\Delta P_p \sim Q_1 \Delta H = Q_1 (H_1 - H_3)$.

Cu privire la procedeele practice de dozare și injectare a aditivilor în rețelele de apă se apreciază următoarele [4]:

— În circuitele deschise de conducte pentru transportul apei la distanță, soluția concentrată de aditiv polimeric poate fi introdusă în apă prin injecție continuă sau discontinuă. Pentru economie de aditiv se recomandă injecția discontinuă cu raportul dintre timpul de injecție a polimerului t_p și timpul de trecere a debitului de apă t de ordinul $t_p/t \approx 1/10$ (de exemplu, o injecție de aditiv cu durata de 1 s la fiecare 10 s).

— In circuitele închise de rețele de apă, cu condiția unei bune solubilități a aditivului introducerea acestuia se poate face fie direct în bazinul colector al apei din circuit, fie cu ajutorul unei pompe dozatoare în asipirația pompelor de circulație a apei.

În ceea ce privește injecția propriu-zisă a soluției concentrate de aditiv în sistemul de conducte, aceasta se poate face fie în axa conductei, fie la perete în mai multe puncte dispuse pe circumferință. Ultimul procedeu este de preferat, deoarece polimerul acționînd la nivelul stratului limită eficiența sa este mai mare și se realizează mai rapid.

La utilizarea aditivilor polimerici în conductele de transport, dar mai ales în circuitele închise de conducte, trebuie să se țină seama de încă două aspecte [1, 4]: degradarea mecanică a aditivului la trecerea, în special prin pompe, și fenomenul de floculare (adsorbția moleculelor polimerului pe particulele solide din apă, producînd legarea și aglomerarea lor prin punți de polimer) a impurităților din apă. Ambele efecte pot reduce apreciabil eficiența aditivului în micșorarea pierderilor lineare de presiune.

Se menționează de asemenea, încercările efectuate la conductele de apă cu poliacrilamidă ca aditiv în prezența unor inhibitori de coroziun cu concentrația de circa 100 ppm. Comportare aditivului polimeric a fost practic nealterată cu o reducere a eficienței de aproximativ 5 % în comparație cu soluția fără inhibitor [1].

Folosirea practică a aditivilor se stabilește p baza unor calcule comparative tehnice și eco nomice ale diverselor variante, care iau în con siderare, în primul rînd, cheltuielile cu energi de pompare și costul polimerului.

Calculul tehnico-economic comparativ (cu sa fără aditiv) al unui circuit închis industria de răcire cu lungimea de 5000 m, capacitate de 2000 m³ apă, debitul pompat de 1000 m³/ și înălțimea geodezică zero sau neglijabilă în ipoteza folosirii unui aditiv polimeric cu con centrația optimă de 3 ppm, indică o reducere cheltuielilor anuale de pompare cu 27%, dac prețul aditivului este de 10 lei/kg, cu 25 % dac aditivul costă 20 lei/kg și cu 23,5 % pentru costu aditivului de 30 lei/kg, în comparație cu chel tuielile anuale pentru apa neaditivată. În calcu a fost considerat și un consum de aditiv pentr compensarea degradării mecanice și a pierderilo de apă aditivată din circuit.

În cazul circuitelor deschise, utilizarea adi tivilor se justifică, în special, pentru distanțe mar de transport. Astfel, pentru un traseu de 50 km o concentrație recomandată de 10 ppm, un pre al aditivului de 10 lei/kg și o înălțime geodezic neglijabilă, cheltuielile anuale pentru transpor tul apei aditivate se reduc cu 18 % în comparați cu apa neaditivată. Creșterea ponderii înălțim geodezice în înălțimea totală a pompelor, ca ș scumpirea aditivului, reduc eficiența economic a folosirii acestuia.

Se remarcă faptul că se pot obține reducer importante ale cheltuielilor totale pentru vitez mari de curgere a apei prin circuitul hidraulic în timp ce pentru viteze reduse efectul economi al introducerii aditivilor scade simțitor. Aceast concluzie este foarte importantă în cazul cir cuitelor existente (realizate), la care se pun problema măririi debitului de apă vehiculat Astfel, la aceste circuite, prin introducerea 15 ppm aditiv, cheltuielile totale se pot reduc cu peste 20 %. În cazul vitezelor mici cheltuie lile totale se reduc cu circa 10 % la o concentra ție a aditivului de 10 ppm și un cost de 10 lei/kg

Sisteme de canalizare Canalizările cuprin rețelele de colectare, instalațiile de tratare instalațiile de evacuare a apelor uzate (ape me najere, ape ale salubrității, ape industrial uzate) și a celor meteorice (ape din precipitați ape stagnate, ape din drenaje) spre un rî receptor, pe care nu trebuie să-l polueze. Dup scopul urmărit, canalizările se clasifică în ca nalizări edilitare în centre populate și rețel de canalizare pentru industrii și incinte agricol

Utilizarea aditivilor în acest domeniu capăt importanță practică, în particular, în rețel urbane de canalizare, pentru mărirea capacităț

de transport a acestora, în special în perioadele de ploi torențiale, pentru eliminarea pericolului de inundație prin acumularea de ape neevacuate. Se menționează, în acest sens, experimentele efectuate în anul 1969 la Dallas (Texas), pe un canal colector cu diametrul de 610 mm și, mai recent, în anul 1978, rezultatele obținute pe o instalație permanentă din Bristol (Anglia) [5].

Avantajul economic al folosirii polimerilor într-un sistem de canalizare se poate exprima cu ajutorul unui factor de cost FC, definit ca raportul dintre cheltuielile anuale pentru realizarea construcției unui nou sistem colector și cheltuielile anuale totale ale unui sistem echivalent care utilizează aditivi. Punînd condiția măririi cu 25 % a debitului canalului pentru concentrații ale aditivului de 20—50 ppm și pantă hidraulică constantă, au rezultat valori maxime pentru FC de 14 pentru 10 ore pe an de folosire a aditivilor, respectiv de 11 pentru 20 ore pe an de folosire. S-a apreciat că utilizarea aditivilor oferă avantaje economice certe pentru valori ale factorului de cost $FC > 5$ (de exemplu, pentru cel mai mare canal considerat, cu diametrul de 1,2 m cu panta de 0,002 și folosind aditivul 20 ore pe an, a rezultat $FC = 5{,}2$).

Principiul de funcționare a instalației de dozare a polimerului folosită la sistemul de canalizare din orașul Bristol este prezentat în figura 2. Aditivul întrebuințat a fost polietilenoxidul (Polyox WSR—301) care este un polimer neionic, neafectat de prezența în apă a sărurilor di-

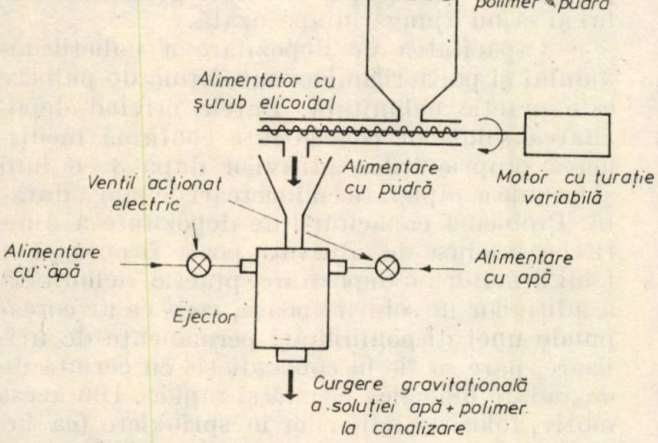


Fig.2. Dispozitiv de dozare a aditivului introdus în rețeaua de canalizare.

zolvate și a suspensiilor solide. Polimerul, sub formă de pudră, a fost păstrat într-un rezervor cu capacitatea de 0,35 m^3, în care s-a putut depozita pînă la 170 kg de substanță. La un debit maxim considerat în canal de 510 m^3/h și un timp de injecție de 10 ore, concentrația medie a polimerului în apa uzată este de aproximativ 33 ppm. Sistemul de dozare a aditivului poate funcționa manual sau automat, în ultimul caz creșterea nivelului apei în canalul colector comandînd acționarea instalației. Canalul colector pe care s-au făcut măsurătorile a avut diametrul de 300 mm și lungimea de 380 m, corespunzător unei zone urbane cu circa 10000 locuitori. Aditivul a fost injectat discontinuu, pe durate de 4—6 min, cu pauze de 7—8 min.

Încercările făcute au demonstrat posibilitatea obținerii unei creșteri cu 60—70 % a vitezei de curgere, pentru pantă hidraulică constantă, ceea ce corespunde unei reduceri cu 60—65 % a pierderilor de presiune la viteză constantă de curgere. Concentrația aditivului a fost de 40 ppm. S-a constatat că începerea și oprirea bruscă a injecției polimerului într-o conductă sau canal lung sînt însoțite de unde de presiune pozitivă, respectiv negativă, în lungul traseului. În ceea ce privește comparația investițiilor, au rezultat următoarele: costul construcției unui nou canal colector pentru debitul majorat a fost estimat la circa 90000 lire sterline, în timp ce costul instalației de dozare cu echipamentele anexe se ridică la aproximativ 10000 lire sterline (din care 17 % partea de depozitare și alimentare cu polimer, 16 % sistemul de măsură și control și 67 % partea de proiectare, construcție, montaj și probe). Cheltuielile anuale de exploatare, în special cu polimerul, au fost apreciate la 200—300 lire sterline.

Instalații de stingere a incendiilor. Primele încercări de folosire a aditivilor în instalațiile de stingere a incendiilor au fost făcute în anul 1969 de către brigada de pompieri din New York, în cadrul așa-numitelor experimente de utilizare a „apei fără frecare" (slippery water), utilizînd ca aditiv polietilenoxidul. Cu ajutorul unei mașini de pompieri, echipată cu un rezervor suplimentar pentru soluția concentrată de aditiv, s-au obținut următoarele rezultate considerate ca spectaculoase [6]: debitul de apă evacuat de pompa mașinii a crescut cu 60 %, presiunea de refulare din pompă s-a redus cu 20 %, distanța de acțiune și presiunea jetului de apă s-au mărit cu 100 %, reculul jetului a crescut cu 75—100 %.

Încă de la început, s-a apreciat că utilizarea aditivilor poate conduce la micșorarea presiunii de pompare necesare, ceea ce ar permite ca, la aceeași presiune de refulare (presiune constantă la hidrant, presiune constantă de refulare din pompă), să se obțină un debit mai mare de apă și o distanță de acțiune a jetului mai mare. Pe de altă parte, la aceeași presiune de refulare se poate realiza un debit de apă egal, utilizînd un furtun cauciucat cu diametru mai mic, cu recul mai mic la ajutajul de evacuare, deci mai ușor de manevrat. În fine, s-a considerat că utilizarea aditivilor are eficiență hidrodinamică, deoarece curgerea prin conducte, furtunuri și alte accesorii de stingere a incendiilor este turbulentă, iar pereții sînt netezi hidraulic.

O serie de determinări experimentale privind utilizarea aditivilor în tehnica de stingere a incendiilor au fost făcute la Zürich (Elveția) în anul 1974 [7]. Au fost comparați 20 de polimeri în vederea utilizării în instalațiile staționare de atingere a incendiilor din hale industriale sau hangare, precum și conectarea la hidranți și instalațaii mobile, ca mașini de pompieri și pompe transportabile.

Măsurătorile au urmărit determinarea pierderilor de presiune într-un furtun de cauciuc lung de 10 m, cu diametrul interior de 19 mm. Debitul de apă a fost de 1,15 l/s, viteza de curgere prin furtun de circa 4 m/s, iar numărul Reynolds de ordinul $6 \cdot 10^4$. Polimerii au fost introduși ca soluții apoase concentrate cu ajutorul aerului comprimat. Într-o altă serie de experimente, s-a determinat creșterea debitului de apă prin furtun, la menținerea constantă a pierderilor de presiune, precum și creșterea

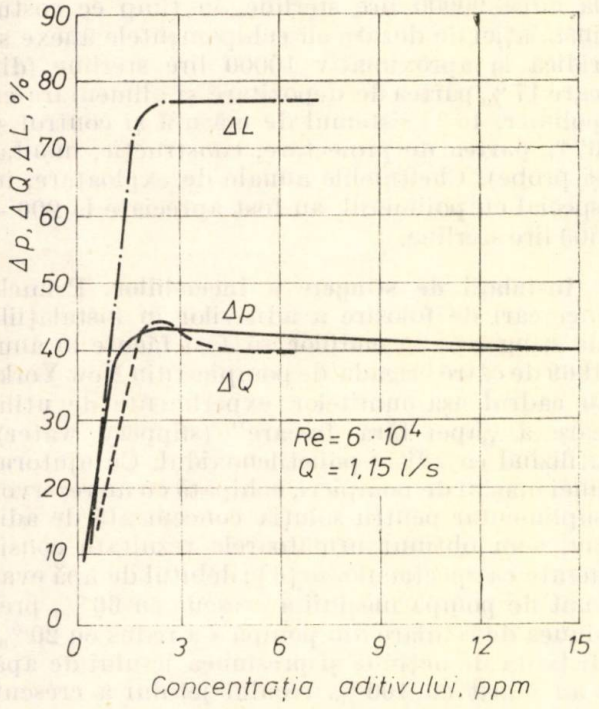


Fig. 3. Rezultatele măsurătorilor experimentale pentru polietilenoxid ca aditiv în instalațiile de stingere a incendiilor : Δp — reducerea pierderilor de presiune la debit constant de apă Q ; ΔQ — mărirea debitului de apă la menținerea constantă a presiunii p ; ΔL — creșterea lungimii de acțiune a jetului la menținerea constantă a presiunii p. Valorile relative sînt exprimate în procente în comparație cu apa neaditivată.

distanței de acțiune a jetului. La lungimi de acțiune a jetului de circa 8 m s-a constatat că, prin adăugarea de aditiv, împrăștierea jetului a putut fi în mare parte eliminată. Polimerii cei mai eficienți au fost, în ordine, polietilenoxidul și poliacrilamida, fiecare cu mase moleculare de ordinul 10^6.

În figura 3 sînt prezentate rezultatele măsurătorilor obținute pentru polietilenoxid. Au rezultat valori maxime pentru reducerea pierderilor de presiune Δp și pentru creșterea debitului ΔQ de circa 45 % și o mărire a distanței de acțiune (aruncare) a jetului liber ΔL de circa 80 %. Creșterea ΔL rezultă, pe de o parte, din creșterea debitului după introducerea aditivului, la menținerea constantă a presiunii, iar, pe de altă parte, din reducerea tendinței de împrăștiere a jetului. Concentrația recomandată de polietilenoxid este de 2—4 ppm. Rezultate asemănătoare au fost obținute și pentru poliacrilamidă, valorile maxime de mai sus realizîndu-se însă la concentrații mai mari, de 10—20 ppm. Rezultă că, sub aspectul cantității de aditiv consumat pentru același efect, polietilenoxidul este mai eficient decît poliacrilamida.

Alte aspecte specifice utilizării aditivilor în instalațiile de stingere a incendiilor sînt următoarele :

— Se apreciază că pentru polietilenoxid și poliacrilamidă costurile de utilizare sînt suficient de scăzute pentru a justifica folosirea economică a aditivilor în tehnica de stingere a incendiilor.

— La stabilirea concluziilor finale privind aplicarea aditivilor trebuie luată în considerație compatibilitatea acestora cu mediul ambiant : polietilenoxidul și poliacrilamida sînt produse netoxice pentru oameni, pești și alge. Un aspect interesant, care completează problema compatibilității aditivilor cu mediul ambiant, îl constituie evoluția aditivilor folosiți în timpul stingerii unui incendiu. După cum este cunoscut, temperatura de descompunere a aditivilor polimerici este de 200—300°C, aceștia pot să ardă, parțial sau total, pe parcursul stingerii incendiului și să nu ajungă în apa uzată.

— Capacitatea de depozitare a polietilenoxidului și poliacrilamidei sub formă de pulbere este practic nelimitată. Datele privind depozitarea soluțiilor concentrate confirmă menținerea proprietăților aditivilor după 3—6 luni și trebuie completate cu încercări de lungă durată. Problema capacității de depozitare a diferitelor produse de aditivare poate fi pusă și în felul următor : o depozitare practic nelimitată a aditivilor în soluții apoase, ceea ce ar corespunde unei disponibilități permanente de utilizare, pare să fie în contradicție cu cerința de degradare biologică ușoară și rapidă. Din acest motiv, folosirea aditivilor în sprinklere (ca instalații fixe de protecție contra incendiilor) pare a nu fi avantajoasă. Problema se pune cu totul altfel cînd se utilizează mașinile de stingere a incendiilor și furtunurile alimentate din hidranți. În acest caz, capacitatea de depozitare sub formă de pulbere nu prezintă argumente împotriva folosirii aditivilor în stingerea incendiilor.

Se menționează, de asemenea, încercările efectuate de autori [1, 4] pe o instalație reală de stingere a incendiilor racordată la un hidrant printr-un furtun cauciucat cu lungimea de 85 m și diametrul de 53 mm. Acestea au arătat că se

poate obține, la o concentrație a poliacrilamidei Solacril RPC de 10—15 ppm, în comparație cu apa neadditivată, o micșorare a pierderilor de presiune de circa 35 % pentru același debit de apă, respectiv o creștere cu circa 25 % a debitului la aceeași putere de pompare și o mărire cu circa 60 % a distanței de acțiune a jetului pentru aceeași pierdere de presiune ca și apa neadditivată, concomitent cu reducerea dispersiei jetului.

Rețele de termoficare. Dezvoltarea actuală și de perspectivă a alimentării centralizate cu căldură în țara noastră o constituie realizarea în continuare de centrale de termoficare și transportul căldurii sub formă de apă fierbinte prin rețele de conducte de transport și distribuție la consumatorii industriali sau urbani. Distanța de transport este astăzi în mod frecvent de 5—15 km, estimîndu-se mărirea acesteia în perspectiva centralelor de termoficare zonale pînă la 40—50 km. În aceste condiții, consumul de energie de pompare a apei în rețelele de termoficare reprezintă un factor economic deosebit de important.

Din punct de vedere hidrodinamic rețelele de termoficare au următoarele particularități: sînt sisteme cu circulație complet închisă, au diametre ale conductelor de transport de 0,3—1 m, în general de 3—5 ori mai mari decît în majoritatea altor aplicații industriale, turbulența este ridicată, cu valori ale numărului Reynolds $Re = 10^5 \ldots 2.10^5$, timpul de recirculare a apei este de 4—21 ore, intervalul de temperatură a apei este de 40—150°C.

O serie de măsurători experimentale privind utilizarea aditivilor în rețelele de termoficare au fost efectuate în Suedia, punînd în evidență următoarele [8]:

— Aditivul folosit în cursul încercărilor a fost poliacrilamida, urmărindu-se efectul acesteia asupra pierderilor de presiune, randamentului pompelor și transferului de căldură în aparatele schimbătoare de căldură.

— În prezența polimerului, pierderile lineare de presiune au fost reduse cu pînă la 70 %. Efectul de reducere a pierderilor lineare de presiune scade în timp, datorită procesului de degradare termică și mecanică, la trecerea prin pompe. Cu toate acestea, se apreciază că nivelul final la care se stabilizează procesul de degradare justifică utilizarea aditivilor polimerici în rețelele de termoficare.

— Aditivul polimeric, precum și produsele de descompunere a acestuia, nu sînt corosive, prezența lor avînd efecte favorabile asupra prevenirii coroziunii și depunerii produselor de coroziune pe suprafețele de transfer de căldură. De asemenea, aditivul a prezentat o bună stabilitate la temperaturi de pînă la 180°C.

— Aditivul polimeric a avut un efect neglijabil asupra randamentului pompelor de rețea. Economia de energie care se poate obține prin utilizarea aditivilor se poate realiza prin reglajul de turație a pompelor de circulație, frecvent folosit ca metodă de reglaj al debitului în rețelele de termoficare.

— Coeficienții globali de schimb de căldură s-au redus, într-o oarecare măsură, fără însă a modifica sensibil caracteristicile de funcționare ale aparatelor schimbătoare de căldură.

— Dintre avantajele economice ale utilizării aditivilor în rețelele de termoficare se menționează: reducerea consumului de energie de pompare sau mărirea capacității de transport la sistemele existente, ceea ce ar permite racordarea de noi abonați cu investiții minime, avantaje în aplicarea reglajului mixt și acoperirea mai ușoară a vîrfului de sarcină, amînarea cu 2—4 ani a introducerii de noi conducte de transport.

Cercetări similare au fost efectuate și în U.R.S.S. Astfel, în lucrarea [9] se prezintă măsurătorile făcute cu diverși aditivi cu următoarele concentrații masice optime: poliacrilamida cu 0,07 %, sarea de sodiu a carboximetilcelulozei cu 0,02—0,05 %, polietilenoxidul cu 0,0001—0,001 %. S-a obținut creșterea capacității de transport a conductei cu 15—40 %, micșorarea de 1,5—2 ori a rezistenței hidraulice la curgerea prin conducte, pentru debit constant de apă, mărirea cu 30—40 % a randamentului mașinilor hidraulice. La folosirea poliacrilamidei cu masa moleculară $(2—3) \cdot 10^6$ și concentrații masice de 0,01—0,15 % s-au obținut reduceri maxime ale pierderilor lineare de presiune în comparație cu apa neadditivată de 63 %, ca valoare inițială la introducerea aditivului, care au scăzut pînă la o valoare maximă de 37 %, corespunzător la 400 treceri prin pompa de circulație.

Lucrarea [10] prezintă experimentele efectuate la scară reală într-un sistem de termoficare folosind poliacrilamida sovietică Metaupen. Intervalul de temperatură testat a fost 30—80°C, obținîndu-se o reducere maximă a pierderilor de presiune de 42,3 % la temperatura de 51°C. Lucrarea [11] se ocupă de introducerea de aditivi în rețelele de încălzire centrală. Aditivul utilizat a fost poliacrilamida cu o concentrație de 0,04 %, introdus într-un sistem funcționînd la temperatura de 30—115°C și debitul de 20—120 m^3/h. Eficiența introducerii aditivului a fost de 36,8 % reducere a pierderilor de presiune la temperatura de 115°C, efectul durînd 22 de zile.

Preocupări asemănătoare privind utilizarea aditivilor polimerici în rețelele de termoficare în vederea reducerii energiei de pompare, există și în R. S. Cehoslovacă. Evaluări economice preliminare, bazate pe o reducere admisă de 10—20 % a pierderilor de presiune, arată că se pot obține economii de putere de pompare de 1—3 MW pentru o instalație tipică [2].

Rezultatele obținute la încercările de degradare termică a poliacrilamidei [12] au arătat că acest proces are un efect neînsemnat asupra reducerii pierderilor de presiune, confirmînd și

concluziile cercetătorilor sovietici în acest domeniu [13].

Experimente la scară reală au fost efectuate în aprilie 1981 pe o rețea de termoficare din Boemia de Sud [2], pe o conductă cu diametrul de 0,3 m și lungimea de 5066 m, folosind ca aditiv poliacrilamidă Separan AP273, în concentrație de 44 ppm, peste care s-a mai injectat încă o concentrație de 22 ppm. Rezultatele au arătat o reducere maximă a pierderilor de presiune de 27 %, fără nici o modificare în caracteristicile transferului de căldură. Cînd cantitatea inițială de polimer introdus în sistem (corespunzătoare concentrației de 44 ppm), s-a degradat, astfel încît reducerea pierderilor de presiune a scăzut la aproximativ 50% din valoarea inițială, în scopul refacerii performanțelor inițiale s-a făcut o a doua injecție de polimer egală cu jumătate din cantitatea inițială (fig. 4). Inter-

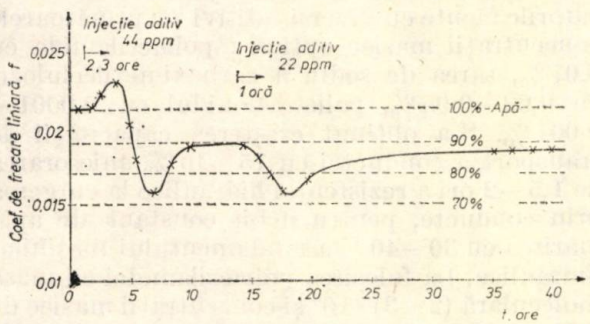


Fig.4. Variația coeficientului de frecare la injecția aditivului (poliacrilamidă Separan AP273) într-o rețea de termoficare urbană.

valul de timp între cele două injecții a fost de circa 14 ore, iar regimul de temperaturi (tur-retur) de 140/65°C. Valoarea stabilizată a reducerii pierderilor de presiune s-a obținut după circa 35—40 ore de funcționare, fiind de aproximativ 20 %.

Concluzii asemănătoare au fost obținute și la Institutul Politehnic București [4], la încercarea unor poliacrilamide românești ca aditivi în rețelele de termoficare.

Alte aplicații. Ca alte direcții de utilizare practică a aditivilor, în scopul măririi debitului de lichid și/sau reducerii consumului de energie de pompare, se menționează următoarele [14—17]:

— Irigațiile reprezintă unul dintre cei mai importanți consumatori de energie. O serie de încercări au fost efectuate de către firma Unio Carbide, S.U.A., folosind polietilenoxidul injectat într-un sistem tipic de pulverizare a apei pe un teren cultivat. S-a obținut o creștere de 215 % a suprafeței irigate. În R. S. Cehoslovacă s-a încercat utilizarea poliacrilamidei în alimentarea cu apă a terenurilor agricole prin sistemul de sprinklere. S-a apreciat că prezența polimerului nu interferă cu creșterea plantelor. Măsurătorile făcute pe o țeavă de polietilenă cu diametrul de 55 mm și lungimea de 250 m au dus la reducerea cu 22,5 % a presiunii de pompare necesară, pentru o concentrație în apă de 48 ppm polimer. Experimente făcute în U.R.S.S. au pus în evidență și un alt efect al aditivării apei, și anume reducerea considerabilă a pierderilor de apă prin evaporare din solul irigat.

— Numeroase lucrări au studiat folosirea aditivilor la reducerea frecării, respectiv a rezistenței, la înaintarea navelor. Încercări fructuoase la scară reală au fost efectuate în Anglia. Deoarece pentru injecția continuă în stratul limită al navei este necesară o mare cantitate de polimer, această aplicație apare ca neeconomică; procedeul poate fi utilizat, totuși, ca sistem de rezervă în situații deosebite. O cale de micșorare a consumului de aditiv o constituie injecția pulsatorie a polimerului. O altă aplicație posibilă este la ambarcațiile pe arip portante, la care reducerea frecării pe perioada de accelerare și formare a hidropeliculei este foarte utilă; aceasta ar permite instalarea unui motor mai mic, mai ușor și mai ieftin. Deplasarea subacvatică a unor corpuri poate fi, de asemenea, mult ușurată.

— In transportul hidraulic al suspensiilor solid-lichid s-a arătat că prezența aditivilor polimerici micșorează frecarea în conducte și, prin urmare, puterea de pompare.

— Folosirea agenților de reducere a frecării lichidelor poate îmbunătăți performanțele mașinilor și echipamentelor hidraulice. S-a constatat astfel că anumiți aditivi polimerici, în particular polietilenoxidul, pot inhiba începutul cavitației, iar zgomotul specific este mult atenuat. De asemenea, studiul circuitului închis de răcire al unui compresor de aer la care agentul de răcire (apă) a fost aditivat cu carboximetilceluloză sau poliacrilamidă cu concentrațiile de 0,07—0,3 % a arătat că tipul și concentrația aditivului nu influențează capacitatea instalației, dar ameliorează sensibil consumul de putere și eficiența termică.

— În procesele de tăiere cu jet s-a constatat că se poate obține, cu anumiți aditivi polimerici, o îmbunătățire a coerenței jetului.

— În cadrul utilizărilor biomedicale se studiază, între altele, folosirea aditivilor polimerici în scopul ameliorării circulației sanguine.

— Un număr apreciabil de cercetări au avut ca obiect reducerea pierderilor de presiune cu ajutorul aditivilor la alte fluide decît apa. O aplicație importantă în această direcție o constituie extracția și transportul prin conducte al produselor petroliere.

Concluzii. Cercetările efectuate în ultimul timp în străinătate și în țara noastră asupra reducerii frecării la curgerea lichidelor aditivate confirmă efectul TOMS ca un nou procedeu de micșorare a pierderilor de presiune, de reducere a energiei de pompare a lichidelor și/sau de mărire a capacității de transport a sistemelor existente de conducte.

Dintre aplicațiile practice cele mai importante se menționează: rețelele închise de conducte de apă, sistemele de canalizare, instalațiile de stingere a incendiilor, rețelele de termoficare. Utilizarea efectului TOMS se poate face ușor, fără a necesita asimilarea și producerea unor echipamente speciale.

Interes deosebit prezintă în continuare, alături de domeniile de mai sus, prospectarea unor noi direcții de aplicare, între care extracția și transportul produselor petroliere, biomedicina, hidrotransportul solidelor, hidrodinamica corpurilor submerse.

Bibliografie

[1] Leca, A., Leca, M., Chiujdea, C.: *Cercetări asupra efectului TOMS privind reducerea frecării la curgerea turbulentă a lichidelor*: În: Energetica, vol. 32, nr. 1, p. 40—45.

[2] Sellin, R.H.J., Hoyt, J. W., Pollert, J.: *The effect of drag reducing additives on fluid flows and their industrial applications. Part 2; Present applications and future proposals.* In: Journal of Hydraulic Research, vol. 20, 1982, nr. 3, p. 235—292.

[3] Leca, M., Leca, A.: *Aditivarea lichidelor, soluție modernă de economisire a energiei.* București, Editura tehnică, 1982.

[4] Leca, A., Leca, M., Ionescu, D., Chiujdea, C., Nae, B.: *Reducerea pierderilor de presiune la curgerea lichidelor cu ajutorul aditivilor.* Institutul politehnic București, contractele nr. 428/1977, 28/1979, 6—0—1/1980, 6—1—8/1981, 6—2—14/1982, 6—2—34/1983.

[5] Sellin, R.H.J.: *Drag reduction in sewers: first results from a permanent installation.* In: Journal of Hydraulic Research, vol. 16, 1978, nr. 4, p. 357—371.

[6] *** *Slippery water cuts friction loss.* In: Fire Engineering vol. 122, 1969, nr. 9, p. 48—49.

[7] Volkart, P., Hänger, M.: *Die Verwendung reibungsmindernder Zusätze in der Feuerlöschtechnik.* Gas-Wasser-Abwasser, vol. 54, 1974, nr. 11, p. 501—506.

[8] Arnbom, L., Hagstrand, V.: *„Toms effect in district heating tube systems.* Report SVF—50, Suedia, 1977, 64 p.

[9] Elperin, I. T., Leventa l, L. I., Cesnokov, Iu. N.: *Umenșenie ghidrodinamiceskovo soprotivlenia teplovth setei.* In: Teploenerghetika, vol. 18, 1971, nr. 10, p. 20—23.

[10] Povci, I. L. ș.a.: *Decreasing the hydraulic resistance in heating networks by additives.* Deneskii Universitet Donekc, Research report, 11 p., 1978.

[11] Șirotenko, V. A., Leventa l, L. I., Vaida, M.M.: *Study of the effect of heat transfer agent activation on the operation of central heating systems*: In: Vestnik Akad. B.S.S.R., Ser. Fiz. — Energ. Nauk, 1980, nr. 1. p. 81—85.

[12] Pollert, J.: *The technical economic studies for drag reduction utilization in Czechoslovakia.* CNRS Round Table, Strasbourg, 1978.

[13] Tsakin, I. P. ș.a.: *Influence of organic additives on heat transfer and drag reduction.* Research report, 8 p., VUZ Tomsk, 1973.

[14] White, A., Hemmings, J. A.: *Drag reduction by additives. Review and bibliography.* BHRA Fluid Engineering, Cranfield, Bedford, Anglia, 1976.

[15] *** *International Conference on Drag Reduction.* BHRA Fluid Engineering, Cambridge, Anglia, 1974.

[16] *** *Second International Conference on Drag Reduction.* BHRA Fluid Engineering, Cambridge, Anglia, 1977.

[17] Greene, H. L., Mostardi, R. F. și Nokes, R. F.: *Effects of drag reducing polymers on initiation of atherosclerosis.* In: Polymer Engineering and Science, vol. 20, 1980, nr. 7, p. 499—504.

(Primit la 20 octombrie 1983, acceptat la 1 decembrie 1983)

Solutions of Transcedental and Criterial Equations Used in Engineering Heat Transfer by Iterative Numerical Methods (II)

C. Brătianu, Ph. D., I. Giosan, Grad. Eng., D. Popescu, Grad. Eng.

Engineering heat transfer processes are generally very complex and need many mutually dependent variables to be accurately described. As a consequence, their mathematical models admit analytical solutions only for simplified cases. For solving more complex heat transfer equations one needs numerical solutions.

The purpose of this second paper on the same subject is to present some more elaborate numerical methods than the bisection method, suitable for solving engineering heat transfer equations which contain transcendental or criterial expressions. These are: the secant method, the Newton-Raphson and the modified Newton-Raphson method. Among them the most frequently used is the Newton-Raphson method due to its patratic convergence.

The secant method has a rather simple geometrical interpretation. That is to approximate a segment of a curve by its secant; as a consequence the real root α is approximated by the abscissa of the intersection point between the Ox axis and this secant (Fig. 1). Unlike the bisection method within the secant algorithm we do not force the iterates to bracket the root. The method is not guaranteed to converge; but it does so with a greater speed than the previous method [1] when it does converge. The algorithm is based on the computational formula

$$x_n = \frac{a_n f(b_n) - b_n f(a_n)}{f(b_n) - f(a_n)}, \tag{6}$$

where a_n and b_n are the research interval extremes at the n-th step, and $f(a_n)$, $f(b_n)$ are values of the given function in these points. It is important that condition (7) to be satisfied throughout the research process.

The Newton-Raphson method has also a simple geometrical interpretation. As with the previous method, we approximate the graph $y = f(x)$ in a vicinity of the root α by a straight line, but now we use a tangent line rather than the secant line. Use the root of the straight line as an approximation to the root α (Fig. 2).

The intersection point between the tangent line and the Ox axis has the abscissa given by Eq. (18)

$$x_{k+1} = \begin{cases} x_k - \dfrac{f(x_k)}{f'(x_k)}, & \text{if } f'(x_k) \neq 0 \\ x_k, & \text{if } f(x_k) = f'(x_k) = 0 \end{cases}$$

The algorithm for the Newton-Raphson method may be presented as following

DO WHILE $|x_{n+1} - x_n| \geq XAD$

$|f(x_{n+1})| \geq FAD$

$f'(x_n) \neq 0$

Set $x_{n+1} = x_n - f(x_n)/f'(x_n)$

Set $x_n = x_{n+1}$

ENDDO

We note that this metod may converge to a root different from the expected one or diverge if the starting value is not close enough to the root. Usually this starting value is computed using the bisection method.

When the given function is very complicate one may use the modified Newton-Raphson method in which the derivative $f'(x_n)$ is computed only for some selected steps. This procedure saves computational time but leads to a slower convergence rate.

As an example of numerical solution is considered the determination of the friction factor μ using the Colebrook-White formula (23)

$$\frac{1}{\sqrt{\mu}} = -2\lg\left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{\mu}} + \frac{\varepsilon}{3{,}72}\right),$$

where Re is the Reynolds number and ε-the relative rugosity of the pipe wall. The corresponding finding root problem is given in Eq. (26)

$$\frac{1}{\sqrt{x}} + 2\lg\left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{x}} + \frac{\varepsilon}{3{,}72}\right)$$

The flowsheet diagrams for the secant and the Newton-Raphson methods are presented in Fig. 3 and Fig. 4. Numerical results are presented comparatively in Table 1. As it is seen the secant method and the Newton-Raphson method are more efficient than the bisection method.

Rezolvarea ecuaţiilor transcendente şi criteriale folosite în termoenergetică cu ajutorul metodelor numerice iterative (II)

Dr. ing. C. Brătianu, ing. I. Giosan, ing. D. Popescu*)

Introducere

În prima parte a acestei lucrări [1] am prezentat metoda bisecţiei, cu aplicaţii la calculul coeficientului de frecare la curgerea fluidelor prin conducte şi la calculul diametrului unei izolaţii termice. Alegerea acestei metode s-a făcut pornind de la caracterul ei intuitiv şi simplitatea algoritmului de calcul. Aplicarea ei însă necesită un timp de calcul relativ ridicat, datorită convergenţei sale liniare. În practică, pentru probleme complexe, care cer pe ansamblu un timp de calcul ridicat, se preferă folosirea unor metode numerice mai rapide. Dintre acestea, prezentăm în lucrarea de faţă metoda secantei, metoda Newton-Raphson şi metoda Newton-Raphson modificată.

1. Metoda secantei

Această metodă constă în aproximarea unei funcţii oarecare $f(x)$, continuă pe un interval $[a, b]$, printr-o dreaptă $g(x)$, care să treacă prin extremităţile sale A şi B (fig. 1). Cu alte cuvinte, segmentul de curbă $\overset{\frown}{AB}$ se aproximează prin secanta lui $\overline{AB}$, iar rădăcina reală α a funcţiei $f(x)$, prin intersecţia dreptei $\overline{AB}$ cu axa Ox[2—4].

Ecuaţia unei drepte oarecare

$$g(x) = m \cdot x + n, \tag{1}$$

care să treacă prin punctele A şi B, implică satisfacerea condiţiilor:

$$\begin{aligned} g(a) &= f(a) \\ g(b) &= f(b), \end{aligned} \tag{2}$$

respectiv

$$\begin{aligned} f(a) &= ma + n, \\ f(b) &= mb + n. \end{aligned} \tag{3}$$

Prin rezolvarea sistemului de ecuaţii (3) se determină coeficienţii m şi n, care se introduc apoi în (1) pentru obţinerea ecuaţiei secantei $\overline{AB}$:

$$g(x) = \frac{f(b) - f(a)}{b - a} \cdot x + \frac{bf(a) - af(b)}{b - a}. \tag{4}$$

Punînd condiţia de intersecţie a dreptei AB cu axa Ox se obţine abscisa punctului de intersecţie:

$$x = -\frac{n}{m} = \frac{af(b) - b(fa)}{f(b) - f(a)}. \tag{5}$$

Pentru a găsi o soluţie numerică x, cît mai apropiată de rădăcina reală α, este necesar să

*) Dr. ing. Constantin Brătianu este şef lucrări la Facultatea de Energetică — Institutul Politehnic Bucureşti, ing Ion Giosan şi ing. Dumitru Popescu sînt absolvenţi ai aceleeaşi facultăţi.

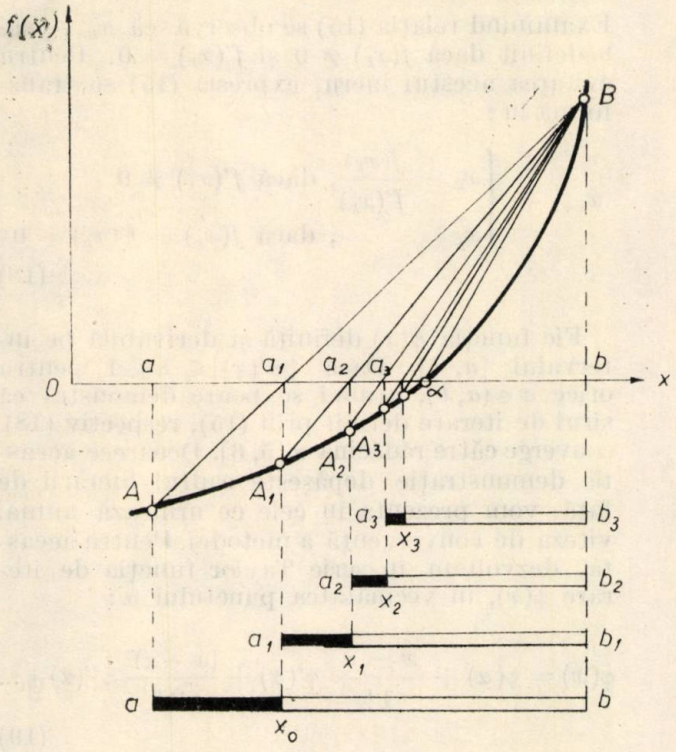


Fig. 1. Intrepretarea geometrică a metodei secantei.

construim un şir de numere $\{x_n\}$, care să conveargă, la limită, spre aceasta ($\lim_{n\to\infty} x_n = \alpha$).

Termenii acestui şir se pot obţine folosind relaţia (5) şi un algoritm de lucru de tip iterativ. Pentru $n = 1, 2, 3, \ldots$ se poate scrie:

$$x_n = \frac{a_n f(b_n) - b_n f(a_n)}{f(b_n) - f(a_n)}, \tag{6}$$

unde a_n şi b_n sînt extremităţile intervalului de căutare $[a_n, b_n]$ la pasul n, astfel încît întotdeauna să se satisfacă cerinţa:

$$f(a_n)\cdot f(b_n) < 0. \tag{7}$$

De exemplu, pentru $n = 0$, extremităţile intervalului sînt a şi b, iar

$$x_0 = \frac{af(b) - bf(a)}{f(b) - f(a)}. \tag{8}$$

Pentru alegerea noului interval de căutare a soluţiei aproximative se procedează astfel:

$$\begin{aligned} &a_1 = a \text{ şi } b_1 = x_0, \text{ dacă } f(a)\cdot f(x_0) < 0 \\ &a_1 = x_0 \text{ şi } b_1 = b, \text{ dacă } f(x_0)\cdot f(b) < 0. \end{aligned} \tag{9}$$

În continuare, noul interval ales $[a_1\ b_1]$ se foloseşte pentru determinarea secantei A_1B, respectiv a următorului termen x_1 din şirul de aproximare:

$$x_1 = \frac{a_1 f(b_1) - b_1 f(a_1)}{f(b_1) - f(a_1)}. \tag{10}$$

Dacă x_0 a fost o primă aproximare a rădăcinii α, atunci x_1 este, în mod necesar, o aproximare mai bună a acestei rădăcini (fig. 1). Procesul continuă cu determinarea punctelor $A_2, A_3, \ldots A_n$ pînă cînd:

$$|\alpha - x_n| < e, \tag{11}$$

unde e este eroarea de aproximare admisă de noi. Convergenţa acestei metode este dată de relaţia:

$$|a_{n+k} - b_{n+k}| \leqslant \left(\frac{M}{M+\xi}\right)^k |a_n - b_n|, \tag{12}$$

unde numerele pozitive M şi ξ rezultă din următoarele condiţii:

$$|f(x)| < M;\ |f(a_n)| \geqslant \xi;\ |f(b_n)| \geqslant \xi. \tag{13}$$

2. Metoda Newton-Raphson

Cunoscută şi sub numele de „metoda tangentei" sau „metoda lui Newton" această metodă are la bază o interpretare geometrică simplă [2—4]. Fie o ecuaţie algebrică sau transcendentă de forma $f(x) = 0$, despre care se ştie că în intervalul $[a, b]$ are o singură rădăcină reală α, pe care nu o putem calcula prin metode analitice exacte (fig. 2). Considerăm că derivatele $f'(x)$ şi $f''(x)$ sînt continue şi păstrează un semn constant pentru orice punct x cuprins între a şi b. Deoarece nu se poate determina valoarea exactă a rădăcinii ecuaţiei de mai sus, construim un şir de valori aproximative $\{x_n\}$, astfel ca să conveargă către rădăcina reală α. Metoda constă în aproximarea rădăcinii α cu abscisa punctului de intersecţie a tangentei duse la curba $y = f(x)$, în punctul de coordonate $(x_k, f(x_k))$ cu axa Ox. Altfel spus, arcul de curbă $y = f(x)$, cu $a \leqslant x \leqslant b$, se înlocuieşte cu tangenta la curbă într-unul din punctele de pe curbă.

Pentru fixarea ideilor, să presupunem că $f''(x) > 0$ şi $f'(b) > 0$. Alegem $x_0 = b$, astfel ca $f(x_0)\cdot f''(x_0) > 0$. Ducem prin punctul $B(x_0, f(x_0))$ tangenta la curba $y = f(x)$. Fie x_1 abscisa punctului de intersecţie a acestei tangente cu axa Ox. Dacă x_0 a fost considerată ca o aproximaţie iniţială a rădăcinii α, atunci x_1 va fi în mod necesar o aproximaţie mai bună (fig. 2). Continuînd procesul de aproximare, considerăm acum punctul $B_1(x_1, f(x_1))$ din care construim tangenta la curbă. Abscisa punctului de intersecţie a acestei tangente cu axa Ox o notăm cu

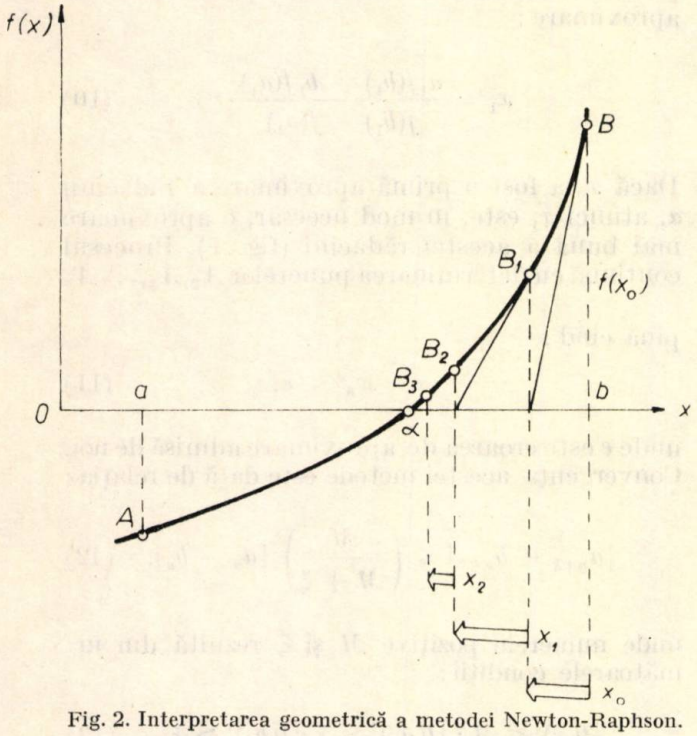


Fig. 2. Interpretarea geometrică a metodei Newton-Raphson.

x_2. Fie acum un punct oarecare $B_k(x_k, f(x_k))$ al acestui proces iterativ ($k = 1, 2, 3, \ldots$). Ecuaţia tangentei la curba $y = f(x)$ în acest punct este:

$$y - f(x_k) = f'(x_k)\,(x - x_k). \tag{14}$$

Fie x_{k+1} abscisa punctului de intersecţie a acestei tangente cu axa Ox, respectiv cu dreapta de ecuaţie $y = 0$. Se poate scrie:

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)},\quad k = 1, 2, 3, \ldots \tag{15}$$

Expresia (15) constituie formula generală a şirului de aproximare pentru rădăcina reală α, plecînd de la valoarea iniţială x_0.

Funcţia

$$\varphi(x) = x - \frac{f(x)}{f'(x)} \tag{16}$$

se numeşte funcţia de iterare a metodei Newton-Raphson. Această funcţie se foloseşte atît pentru demonstrarea convergenţei şirului definit de (15) către rădăcina reală α, cît şi pentru determinarea gradului de convergenţă al metodei [3, 4]. Cu ajutorul funcţiei de iterare $\varphi(x)$ expresia (15) devine:

$$x_{k+1} = \varphi(x_k),\quad k = 1, 2, 3, \ldots \tag{17}$$

Această expresie arată că metoda Newton-Raphson are un caracter staţionar, pas cu pas. Examinînd relaţia (15) se observă că x_{k+1} este nedefinit dacă $f(x_k) \neq 0$ şi $f'(x_k) = 0$. Pentru evitarea acestui lucru, expresia (15) se transformă în:

$$x_{k+1} = \begin{cases} x_k - \dfrac{f(x_k)}{f'(x_k)}, & \text{dacă } f'(x_k) \neq 0 \\ x_k, & \text{dacă } f(x_k) = f'(x_k) = 0 \end{cases} \tag{18}$$

Fie funcţia $\varphi(x)$ definită şi derivabilă pe intervalul $[a, b]$. Dacă $|\varphi'(x)| \leqslant \lambda < 1$ pentru orice $x \in (a, b)$, atunci se poate demonstra că şirul de iterare definit prin (15), respectiv (18), converge către rădăcina α [5, 6]. Deoarece această demonstraţie depăşeşte cadrul lucrării de faţă, vom prezenta în cele ce urmează numai viteza de convergenţă a metodei. Pentru aceasta, dezvoltăm în serie Taylor funcţia de iterare $\varphi(x)$, în vecinătatea punctului α:

$$\varphi(x) = \varphi(\alpha) + \frac{x - \alpha}{1!}\,\varphi'(\alpha) + \frac{(x-\alpha)^2}{2!}\,\varphi''(\alpha) + \ldots \tag{19}$$

Folosind proprietăţile funcţiei de iterare, se obţine:

$$\varphi(x_k) = \alpha + \frac{(x_k - \alpha)^2}{2!}\,\varphi''(\alpha); \tag{20}$$

$$x_{k+1} - \alpha = \frac{\varphi''(\alpha)}{2!}\,(x_k - \alpha)^2; \tag{21}$$

$$e_{k+1} = \frac{\varphi''(\alpha)}{2!}\,e_k. \tag{22}$$

Expresia (22) arată cum viteza de convergenţă a acestei metode este dată de o lege pătratică, deci este mult îmbunătăţită faţă de metoda bisecţiei.

Pentru funcţii complicate, evaluarea primei derivate $f'(x_k)$ la fiecare pas de iteraţie, conduce la creşterea substanţială a timpului de calcul. De aceea se preferă, în aceste situaţii, folosirea metodei Newton-Raphson modificate. Conform acestei metode, derivata $f'(x_k)$ se evaluează în mod selectiv, după un număr de paşi de iteraţie, sau numai pentru anumite valori ale indicelui k. Deşi viteza de convergenţă scade în acest caz, ea rămîne superioară altor metode numerice şi conduce, pe ansamblu, la rezultate satisfăcătoare [2].

3. Aplicaţii numerice

Algoritmul de calcul prezentat în cadrul relaţiilor (6)—(10) a fost implementat pe un calculator FELIX C32. Schema logică a acestui

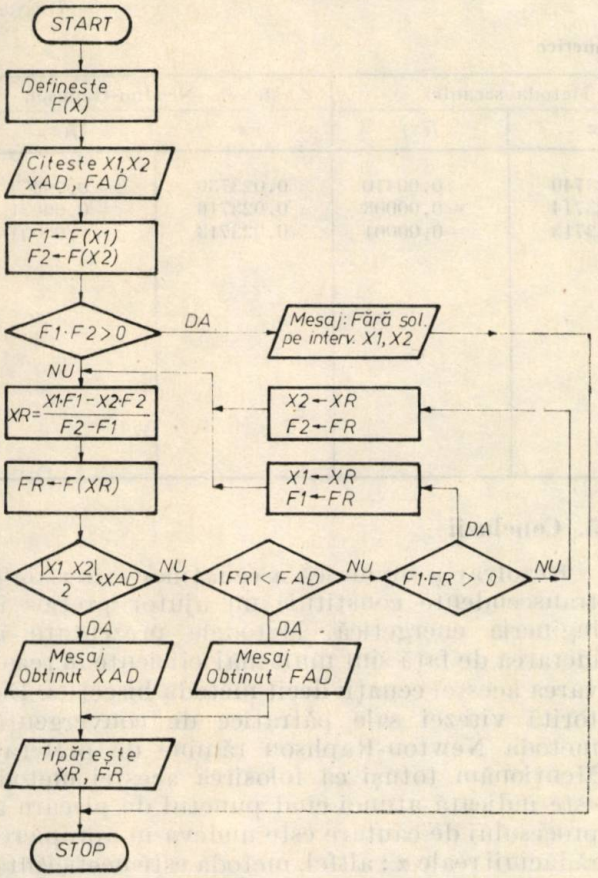


Fig. 3. Schemă logică de calcul pentru programul SECANT.

program este prezentată în figura 3. Prima parte a programului cuprinde operaţiunile de definire a funcţiei $f(x)$, citirea datelor de intrare (extremităţile intervalului de căutare X1, X2 şi toleranţele admise pentru rădăcină XAD şi pentru funcţie FAD) şi tipărirea datelor de intrare, ca o etapă de verificare pentru utilizator. Partea a doua a programului o constituie testarea funcţiei pe intervalul de căutare ales, pentru a vedea dacă există într-adevăr o rădăcină pe acest interval. Programul continuă numai dacă există cel puţin o rădăcină, în caz contrar, se tipăreşte un mesaj şi programul se opreşte. Partea a treia a programului constituie partea principală, de calcul, a algoritmului. Astfel, se determină termenul din şirul de aproximare XR şi noul interval de căutare [X1, X2]. Apoi se face testul de satisfacere a condiţiilor de oprire ale programului. Ultima parte a programului o constituie listarea rezultatelor obţinute, cu indicarea condiţiei ce a detereminat terminarea programului. Astfel modularizat, programul permite o utilizare comodă, atît ca program indedendent, cît şi ca subprogram într-un cod de calcul mai complex; totodată, programul conţine protecţii la eventualele greşeli de introducere a datelor din partea utilizatorului.

Cu ajutorul acestui program s-au făcut analize numerice pentru o serie de ecuaţii transcendente şi criteriale, printre care şi cele prezentate în lucrarea [1]. Rezultatele obţinute sînt foarte bune, programul fiind mai eficient decît cel bazat pe metoda bisecţiei.

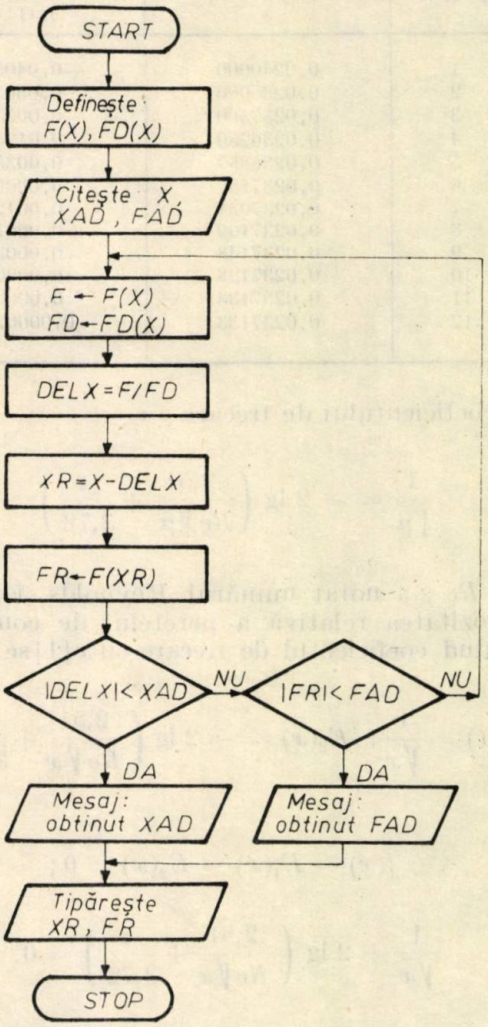


Fig. 4. Schemă logică de calcul pentru programul NEWTON.

În figura 4 este prezentată schema logică a programului de calcul bazat pe metoda Newton-Raphson, implementat pe acelaşi calculator. Programul are aceeaşi structură funcţională ca şi cel precedent, diferind în mod esenţial numai în partea de calcul al termenilor din şirul de aproximare $\{x_n\}$. De remarcat este faptul că, în acest caz, utilizatorul trebuie să definească nu numai funcţia de lucru $F(X)$, dar şi derivata sa $FD(X)$. De asemenea, important este să observăm că în cazul programului Newton nu se redefineşte de fiecare dată intervalul de căutare a rădăcinii, ci numai punctul de plecare al procesului de aproximare prin tangentă. Acest program de calcul este foarte eficient, oferind soluţii într-un număr mic de iteraţii

Pentru ilustrare, să considerăm expresia criterială a lui Colebrook-White [8, 9] de calcul

Tabelul 1

Rezultate numerice

Nr. iter.	Metoda bisecției		Metoda secantei		Metoda Newton-Raphson	
	x	$f(x)$	x	$f(x)$	x	$(f(x)$
1	0,0240000	−0,04056	0,023740	−0,00410	0,023730	−0,00274
2	0,0235000	0,03038	0,023714	−0,00008	0,023716	−0,00021
3	0,0237500	−0,00536	0,023713	−0,00001	0,023713	−0,00001
4	0,0236250	0,01244				
5	0,0236887	0,00353				
6	0,0237187	−0,00093				
7	0,0237031	0,00129				
8	0,0237109	0,00018				
9	0,0237148	−0,00037				
10	0,0237128	−0,00009				
11	0,0237138	0,00004				
12	0,0237133	−0,00002				

al coeficientului de frecare μ :

$$\frac{1}{\sqrt{\mu}} = -2 \lg \left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{\mu}} + \frac{\varepsilon}{3{,}72} \right). \qquad (23)$$

Cu Re s-a notat numărul Reynolds, iar cu ε rugozitatea relativă a peretelui de conductă. Notînd coeficientul de frecare cu x [1] se obține

$$E_1(x) = \frac{1}{\sqrt{x}}; \quad E_2(x) = -2 \lg \left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{x}} + \frac{\varepsilon}{3{,}72} \right); \qquad (24)$$

$$f(x) = E_1(x) - E_2(x) = 0; \qquad (25)$$

$$\frac{1}{\sqrt{x}} + 2 \lg \left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{x}} + \frac{\varepsilon}{3{,}72} \right) = 0. \qquad (26)$$

Deci problema inițială de aflare, prin încercări succesive sau în mod grafic, a coeficientului μ care să satisfacă ecuația (23) pentru o anumită situație dată, a fost transformată în problema determinării rădăcinii x, a ecuației transcendente (26).

Această problemă s-a rezolvat folosind, în mod succesiv, cele trei programe de calcul prezentate în lucrarea precedentă și cea de față : BISECT, SECANT și NEWTON. Rezultatele numerice obținute sînt prezentate în mod comparativ în tabelul 1. Intervalul inițial de căutare a fost definit prin $a = 0{,}023$ și $b = 0{,}025$, toleranțele de calcul admise au fost XAD $= 10^{-9}$ și FAD $= 10^{-5}$ $Re = 10^5$ și $\varepsilon = 0{,}0015$. După cum reiese și din tabelul prezentat, atît metoda secantă, cît și cea a tangentei sînt mult mai eficiente decît metoda bisecției.

5. Concluzii

Rezolvarea numerică a ecuațiilor criteriale și transcendente constituie un ajutor prețios în ingineria energetică. Metodele prezentate în lucrarea de față sînt mult mai eficiente în rezolvarea acestei ecuații decît metoda bisecției. Datorită vitezei sale pătratice de convergență, metoda Newton-Raphson rămîne de preferat. Menționăm totuși că folosirea acestei metode este indicată atunci cînd punctul de plecare al procesului de căutare este undeva în apropierea rădăcinii reale α : altfel, metoda este neeficientă, sau poate să nu conveargă. În practică, această apropiere se poate realiza prin folosirea programului BISECT, ca treaptă premergătoare de calcul.

În cazul funcțiilor mai complicate, unde evaluarea primei derivate implică un timp ridicat de calcul, se poate folosi metoda Newton-Raphson modificată.

Bibliografie

[1] Brătianu, C., Popescu, D. *Rezolvarea ecuațiilor transcendente și criteriale folosite în termoenergetică cu ajutorul metodelor numerice iterative (I).* Energetica 31, nr. 11/1983, p. 496—500.

[2] Hildebrand, F. B. *Introduction to numerical analysis.* 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1974.

[3] Toma, M., Odăgescu, I. *Metode numerice și subrutine.* Editura tehnică, București, 1980.

[4] Dodescu, G., *Metode numerice în algebră.* Editura tehnică, București, 1979.

[5] Atkinson, K. E. *An introduction to numerical analysis.* John Wiley and Sons, New York, 1978.

[6] Conte S. D. C de Boor, *Elementary numerical analysis.* McGraw-Hill, New York, 1972.

[7] Brătianu, C., Giosan, I., Popescu, D. *Rezolvarea numerică a expresiilor criteriale folosite în calculele termoenergetice,* Lucrarea I/42, A X-a Conferință a termoenergeticienilor din România, Brașov 9—11 decembrie 1982.

[8] Burducea, C., Leca, A. *Conducte și rețele termice.* Editura tehnică, București, 1974.

[9] Leca A. și colectiv. *Centrale electrice. Probleme.* Editura didactică și pedagogică, București, 1977.

(Primit la 24 septembrie 1983, acceptat la 5 decembrie 1983)

(54) Titlul : **Instalaţie de sudare cu arc electric protejat de o descărcare permanentă a unui curent de înaltă freceventă**

(72) Inventatori : ing. Al. Forje, fiz. V. Stratulat, ing. I. Bogdan, ing. I. Demetru, ing. D. Pascu, ing. Iulia Forje, ing. Fl. Predan, ing. R. Iovanaş, N. Savu — Bucureşti, fiz. I. Inta — Braşov

(21) Dosar nr. 84941
(22) Data înregistrării : 28.02.1976
(45) Data publicării : 15.06.1981
(51) Clasificare internaţională : B 23 K 9/00/ /H 05 B 7/18
(11) Brevet România nr. : 68636

(73) Titular : Universitatea Braşov

Invenţia se referă la o instalaţie de sudare cu arc electric protejat de o descărcare permanentă a unui curent de înaltă frecvenţă pentru obţinerea unui grad de aliere mărit.

Se cunosc instalaţii de sudare cu arc electric ce folosesc în afara generatorului de sudură şi un generator de înaltă frecvenţă, care, datorită utilizării de tuburi electronice ca elemente active, sînt dificil de realizat.

Instalaţia de sudare, conform invenţiei, înlătură dezavantajul de mai sus prin aceea că utilizează în afară de generatorul de sudură şi un generator de înaltă frecvenţă, ce poate fi modulat în frecvenţă şi conţine un etaj oscilator RC de joasă frecvenţă în gama ultrasunetelor, a cărui frecvenţă este reglată cu o rezistenţă variabilă conectată între bază şi emiter, un etaj amplificator de joasă frecvenţă, care amplifică semnalul generat de oscilator şi îl aplică pe înfăşurarea primară a unui modulator magnetic, înfăşurarea secundară, care, împreună cu două condensatoare, constituie circuitul oscilant al unui oscilator de înaltă frecvenţă de tip Hartlex ce foloseşte un tranzistor, semnalul modulat generat de acest etaj fiind apoi aplicat prin intermediul unui repetor pe baza unui tranzistor, care realizează defazarea acestui semnal şi îl distribuie simetric unor tranzistoare pentru amplificare, tranzistoarele finale funcţionînd în contratimp clasa A ; semnalul amplificat în tensiune este aplicat etajului final, constituit din două triode de putere, ce funcţionează în contratimp clasa C, etaj final care are ca sarcină un transformator de înaltă frecvenţă în secundarul căruia este conectat un condensator, astfel încît, datorită unei bucle de reacţie pozitivă aplicată bazei tranzistorului defazor, etajul prefinal şi cel final vor funcţiona în regim de oscilator pe o frecvenţă determinată de circuitul secundar al transformatorului de înaltă frecvenţă, asigurînd o tensiune ridicată la bornele acestui circuit, necesară amorsării arcului electric ; după amorsarea acestuia, datorită amortizării puternice introduse de arc, etajele prefinal şi final vor funcţiona în regim de amplificator, injectînd curent de înaltă frecvenţă modulat sau nemodulat în frecvenţă prin bornele circuitului secundar al transformatorului de înaltă frecvenţă. Circuitul de injecţie a curentului de înaltă frecvenţă este format din transformatorul de înaltă frecvenţă, care are un circuit primar de înaltă tensiune acordat, şi circuitul secundar de joasă tensiune, înseriat în circuitul de sudură şi capabil să suporte curenţi de intensitate mare.

Figurile 1—3 cuprind un exemplu de realizare a invenţiei, şi anume :

— figura 1 : schema bloc a instalaţiei realizată pe un convertizor de sudură de 350 A ;

— figura 2 : vedere de ansamblu a instalaţiei ;

— figura 3 : schema electronică de principiu a generatorului de înaltă frecvenţă cu modulaţie în frecvenţă.

Procedeul de sudare, conform invenţiei, se realizează prin înaltă frecvenţă în instalaţiile de sudare cunoscute, la sudarea cu arc electric cu electrozi înveliţi, în curent continuu sau

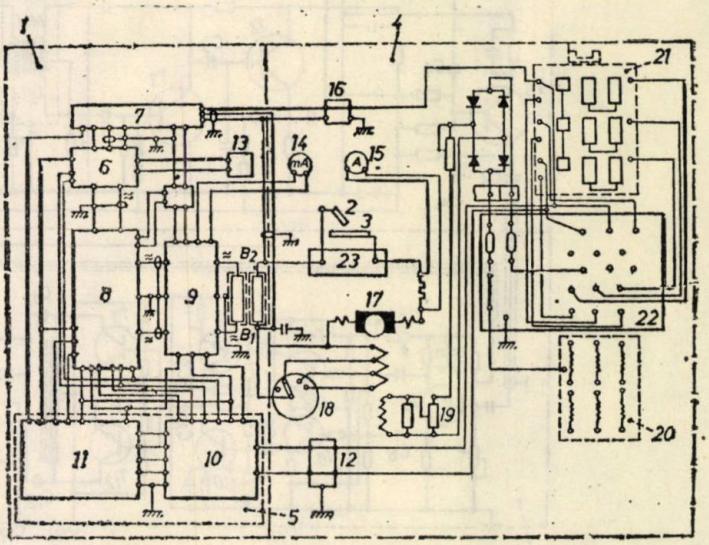


Fig. 1

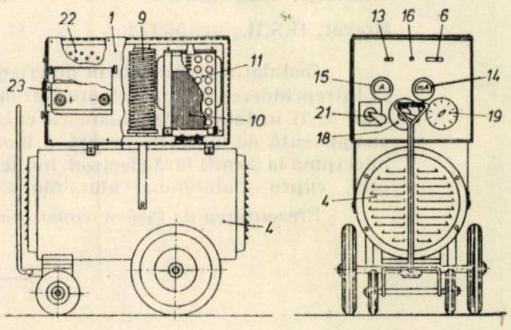


Fig. 2

alternativ, la sudarea electrică automată, cu sîrmă de sudură, sub strat de flux la sudarea electrică automată şi semiautomată, cu sîrmă de sudură în mediu protector (argon, CO_2 etc.) la sudarea electrică în baie de zgură şi la sudarea cu jet de electroni în vid.

Procedeul şi instalaţia, conform invenţiei, prezintă următoarele avantaje :

— realizează o creştere a energiei particulelor transferate prin arcul de sudură de la electrod la baia de sudură ;

— se obţine o temperatură mai ridicată în arc şi o distribuire avantajoasă a cîmpului de temperatură în baia de sudură ;

— se produc vibraţii mecanice ale băii de sudură, fapt ce previne formarea structurilor de supraîncălzire, de reţea de ferită sau a structurilor de călire şi care uşurează eliminarea zgurei şi a gazelor din baia topită, mărindu-se astfel capacitatea cordonului de sudură ;

— se îmbunătăţesc condiţiile de difuzie între metalul de bază şi cel de adaos ;

— se micşorează tensiunile interne remanente iniţiale produse la răcirea băii de sudură şi se reduc posibilităţile de formare a microfisurilor ;

— se creează posibilitatea îmbunătăţirii ciclului de tratament termic al sudurilor ;

— se elimină fenomenul de fugă magnetică ;

— amorsarea şi întreţinerea arcului de sudură se fac foarte uşor.

*) Rubrică întocmită de ing. C. Văideanu ICEMENERG.

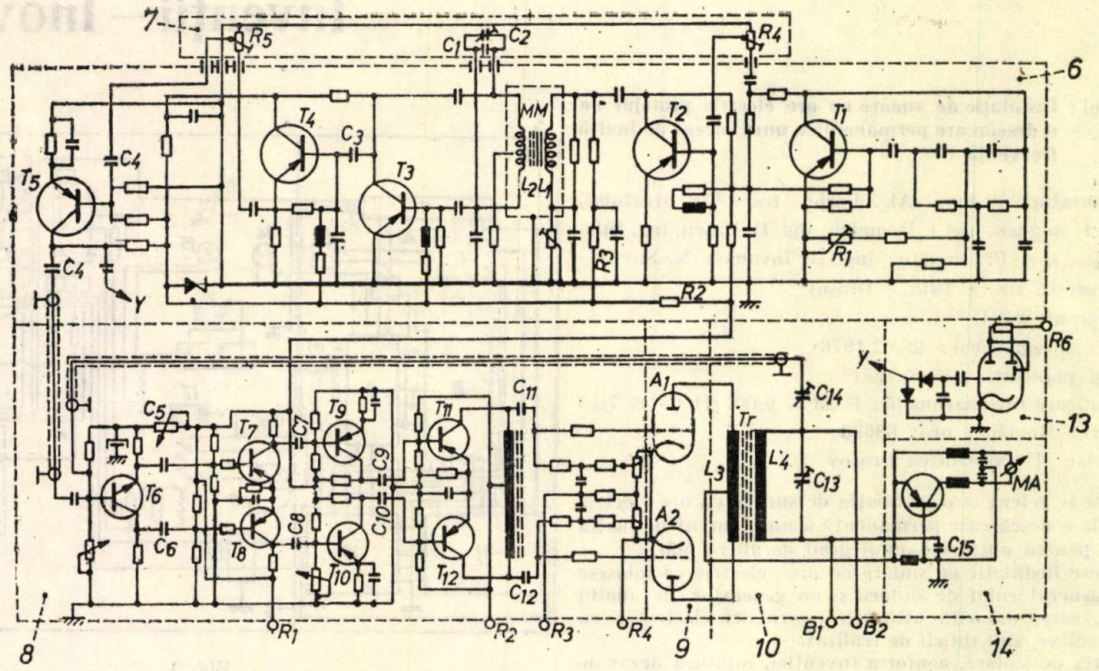


Fig. 3

Referinţe bibliografice

Brevet, R.S.R., nr. 56072

Instalaţia prezentată în descrierea invenţiei, în formă perfecţionată, poate fi comandată la Întreprinderea de contactoare Buzău, care primeşte comenzi şi pentru variantele procedeului, cum ar fi instalaţia de sudare cu energie înmagazinată în condensatoare avînd suprapusă o componentă de înaltă frecvenţă şi înaltă tensiune, destinată executării sudurilor pe suprafeţe mici (pînă la 2 cm^2) fără electrod, indiferent de metalele supuse operaţiei de sudare (ex. cupru + oţel, cupru + aluminiu, aluminiu + duraluminiu etc.).

Prezentarea de faţă se constituie şi ca un sondaj de opinie pentru eventualii beneficiari.

Recenzie

D. CRISTESCU şi R. OLAH **Supratensiuni şi izolaţia reţelelor electrice.** Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983, 518 p.

În ansamblul preocupărilor privind creşterea gradului de siguranţă în funcţionarea sistemelor electroenergetice, un loc deosebit îl ocupă problematica supratensiunilor de origine internă sau atmosferică. Lucrarea cu titlul de mai sus, tratînd supratensiunile şi izolaţia reţelelor electrice ale sistemelor electroenergetice, se încadrează în această problematică denumită a tehnicii tensiunilor înalte.

Tematica cărţii se situează într-un domeniu care a fost şi rămîne mereu de actualitate, cunoscute fiind creşterile performanţelor privind puterile vehiculate prin sistemele electroenergetice în legătură cu mărimile acestora, distanţele de vehiculare şi tensiunile electrice de transport. Puterile ce se vehiculează prin reţelele sistemelor electroenergetice actuale sînt de ordinul miilor de megawaţi (atît în curent alternativ, cît şi în curent continuu de înaltă şi foarte înaltă tensiune), iar distanţele de transport de ordinul sutelor sau chiar miilor de kilometri.

Structurată pe 10 capitole, a căror succesiune respectă logica firească a prezentării disciplinelor tehnice aplicative (de la fundamente la aplicaţiile practice), cartea cuprinde întreaga problematică a supratensiunilor.

Astfel, în prezentarea fiecărui capitol se porneşte de la descrierea fenomenului fizic (aspectul calitativ), se trece la studiul cantitativ, după care se dau rezultatele şi formulele necesare aplicării practice. Calculele de detaliu (deducerea formulelor) sînt prezentate în anexe specifice fiecărui capitol, împreună cu bibliografia aferentă.

Capitolul 1 al lucrării, cu caracter introductiv, se ocupă de definirea noţiunilor şi a tipurilor de supratensiuni. În categoria definiţiilor sînt luate în discuţie: coordonarea izolaţiei, tensiune nominală, tensiune maximă de serviciu, supratensiuni şi clasificarea acestora, solicitări de izolaţie, curbe de distribuţie probabilistică pentru apariţia unei anume categorii de supratensiuni. În prezentarea acestor definiţii s-au avut în vedere recomandările CEI şi ale standardelor româneşti.

Caracterizarea comportării dielectrice a intervalelor izolante, ca şi caracteristicile funcţionale şi de structură ale reţelelor electrice (tratarea neutrului, sistemul de reanclanşare şi dispozitivele de protecţie contra supratensiunilor) sînt prezentate în cadrul aceluiaşi prim capitol al lucrării, care se încheie cu două anexe ce se referă la distribuţia probabilistică normală prvind mărimile care definesc străpungerea unui interval izolant, supratensiunile, solicitările dielectrice în reţea şi, respectiv, caracteristicile unor echipamente de protecţie împotriva supratensiunilor electrice ce se fabrică în ţara noastră.

Capitolul 2 al cărţii este rezervat problemelor care se referă la coordonarea izolaţiei. După analiza şi prezentarea coeficienţilor de siguranţă sînt abordate metodele de coordonare a izolaţiei, după care sînt prezentate exemplificări de aplicare a principiilor coordonării izolaţiei în domeniul componentelor reţelelor electrice: linii electrice aeriene, transformatoare şi autotransformatoare, aparataj din staţiile de transformare, instalaţii capsulate cu SF_6 şi cabluri. Capitolul se

încheie cu o anexă referitoare la distribuţia probabilistică a tensiunilor de străpungere în diverse condiţii de funcţionare a reţelelor electrice.

În capitolul 3 sînt prezentate supratensiunile atmosferice : producerea şi forma undelor de supratensiune, coeficienţii de propagare, schema lui Petersen şi metoda caracteristicilor (Bergeron), propagarea în circuite cuprinzînd inductanţe şi capacităţi, propagarea undelor în înfăşurările transformatoarelor şi autotransformatoarelor, propagarea în maşinile electrice rotative, propagarea în circuite cu elemente nelineare (cu descărcătoare cu rezistenţă variabilă), deformarea undelor sub acţiunea descărcării corona de impuls şi, în sfîrşit propagări în circuite cu mai multe conductoare. Capitolul se încheie cu două anexe privitoare la calculul rezistenţei electrice tranzitorii a liniilor electrice, soluţionarea sistemului de propagare şi, respectiv, propagarea undelor în sisteme multiconductoare cu pierderi în sol şi în prezenţa descărcării corona de impuls.

Capitolul 4 se ocupă de supratensiunile interne din reţelele electrice ale sistemelor electroenergetice şi tratează următoarele probleme : supratensiuni la conectarea şi deconectarea unei linii electrice în gol, supratensiuni care apar la declanşarea curenţilor inductivi mici, supratensiuni de manevră şi temporare provocate de diferite forme de rezonanţă (supratensiuni temporare pe linii lungi la frecvenţa reţelei, supratensiuni datorate scurtcircuitelor nesimetrice pe liniile lungi supratensiuni la comutarea nesincronă a fazelor şi supratensiuni de rezonanţă în circuite cu inductivităţi nelineare). Capitolul 4 conţine 9 anexe care dezvoltă demonstraţiile de deducere a formulelor de calcul prezentate în conţinutul subcapitolelor componente : scheme echivalente pentru linii lungi, determinarea originalului funcţiei tensiunii la capetele unei linii în gol la manevră de declanşare cu reaprinderea arcului, particularităţile alegerii descărcătorului în reţelele de înaltă tensiune, impedanţa de intrare la linia cu pierderi în gol, calculul compensării transversale a liniilor lungi, calculul supratensiunilor pe fazele sănătoase la apariţia unui scurtcircuit monofazat, schema generală pentru calculul regimurilor nesimetrice, scheme echivalente pentru transformatoare şi autotransformatoare alimentînd linii lungi în gol şi, în final, ferorezonanţa într-un circuit linie lungă — transformator în gol.

Capitolul 5 tratează comportarea izolaţiei autogeneratoare a instalaţiilor electrice. După studiul proceselor elementare în dielectricii gazoşi se prezintă teoria avalanşei în procesul descărcării electrice în cîmpuri uniforme şi slab uniforme, descărcării în cîmpuri puternic neuniforme (teoria strimerului) şi descărcarea corona. Capitolul se finalizează cu 4 anexe care tratează în amănunt următoarele probleme : comportarea dielectrică a unor intervale de cîmp uniform-neuniform la distanţe mici între electrozi, criteriul de autonomie în cîmpuri neuniforme, modelul descărcării lungi prin scînteie şi, determinarea curentului de efect corona prin formula lui Townsend.

În capitolul 6 sînt prezentate echipamentele de încercare şi laboratoarele de înaltă tensiune. După trecerea în revistă a problemelor generale ale laboratoarelor de înaltă tensiune privind încercarea izolaţiilor cu tensiuni înalte districtive se trece la descrierea principalelor instalaţii de încercare şi a metodelor de măsurare a tensiunilor înalte. În continuare sînt prezentate şi descrise generatoarele de impuls de tensiune, de curent şi mixte, schemele de măsurare a tensiunilor şi curenţilor cu variaţie foarte rapidă şi, în final, producerea şi măsurarea tensiunilor înalte continue. Sub forma unei anexe în capitolul 6 este descrisă măsurarea tensiunilor înalte cu ajutorul eclatorului cu sfere.

În capitolul 7 sînt tratate problemele de încercare a izolaţiei instalaţiilor de înaltă tensiune, tipurile de încercări, metode, scheme, aparatură pentru încercări şi tehnologia încercării izolaţiei. În finalul capitolului sînt date 4 anexe în care se expun : încercarea izolaţiei transformatoarelor şi autotransformatoarelor de putere cu tensiune alternativă şi cu impuls de comutaţie, încercările descărcătoarelor, standardele în vigoare care se referă la problemele încercării izolaţiei echipamentelor şi instalaţiilor electroenergetice, variaţia capacităţii elementare pentru lanţuri de izolatoare echipate cu diverse armături de protecţie.

Capitolul 8 este rezervat protecţiei instalaţiilor împotriva loviturilor directe ale trăsnetului. Pornindu-se de la aspectele fizice fundamentale ale producerii trăsnetelor, în cadrul capitolului sînt analizaţi parametrii trăsnetelor şi apoi se trece la analiza metodelor şi mijloacelor de protecţie împotriva loviturilor directe ale trăsnetelor. Capitolul se încheie cu o anexă în care este expusă determinarea zonelor de protecţie după rezultate de laborator pe modele reduse.

Problemele protecţiei liniilor electrice aeriene împotriva supratensiunilor atmosferice sînt analizate în capitolul 9 al cărţii, care cuprinde : utilizarea conductoarelor de protecţie (firele de gardă), determinarea numărului specific de declanşări, parametrii care influenţează comportarea liniilor la acţiunea supratensiunilor atmosferice. Determinarea curenţilor de protecţie, la loviturile directe de trăsnet în liniile electrice aeriene, este expusă în anexa la acest capitol.

Ultimul capitol al cărţii tratează protecţia staţiilor împotriva undelor de supratensiune. Vizînd în mod deosebit reducerea avariilor staţiilor de transformare datorate supratensiunilor interne şi atmosferice, în cadrul capitolului sînt prezentate mijloacele şi metodele de protecţie a staţiilor : alegerea descărcătoarelor şi a locului de montare în schema staţiei, scheme de protecţie a staţiilor, protecţia transformatoarelor şi autotransformatoarelor împotriva undelor de supratensiune şi, protecţia maşinilor electrice rotative. Acest ultim capitol, ca de altfel şi capitolul 9, este elaborat într-o viziune care accentuează aspectele practic — aplicative din instalaţiile de înaltă tensiune din ţara noastră.

După cum s-a putut observa, cartea la care ne referim abordează aproape în întregime aria tematică privind supratensiunile şi izolaţia reţelelor electroenergetice. Lucrarea este elaborată în stilul unui manual universitar, dar ea se constituie într-un veritabil tratat de specialitate, fiind utilă atît studenţilor electroenergeticieni, cît şi specialiştilor din domeniile cercetării, proiectării, construcţiei şi exploatării reţelelor de înaltă şi foarte înaltă tensiune.

Conţinînd numeroase informaţii (unele interdisciplinare) în domeniul supratensiunilor de origine atmosferică şi internă, lucrarea poate interesa şi pe nespecialişti, mai ales în domeniile producerii trăsnetelor şi a tunetelor, conturnarea şi străpungerea izolaţiilor, amenajarea unui laborator de înaltă tensiune etc.

Lecturarea cărţii se face uşor şi este plăcută, datorită modului de organizare şi expunere a informaţiilor, deşi nivelul tehnico-ştiinţific al lucrării se situează la cote deosebit de înalte.

Îmbinînd fericit aspectele teoretico-experimentale cu cele practice (din reţelele sistemelor electroenergetice) lucrarea reuşeşte să prezinte sistemic fenomenele cele mai complicate, informaţia la zi bazîndu-se pe o amplă bibliografie ce include de la tratate de înalt nivel tehnico-ştiinţific pînă la prescripţii şi normative tehnice cu caracter de aplicare directă. La acestea se adaugă aportul de reputaţi cercetători şi cadre didactice universitare ale autorilor în domeniile abordate. Din cîte cunoaştem, această lucrare nu are un precedent de asemenea amploare în literatura de specialitate a ţării noastre şi de aceea ea constituie un valoros aport la literatura tehnică românească.

Calităţile didactice şi ştiinţifice ale lucrării îi vor conferi, credem, o bună primire şi o largă audienţă în rîndurile cititorilor.

Ing. Romulus Sfichi

Abonaţi-vă la

Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veţi fi bine informaţi, în principal asupra activităţii din domeniul energetic din ţara noastră precum şi din alte ţări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil şi de energie electrică în centralele electrice, reducere şi eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în reţelele electrice, creştere a siguranţei în funcţionarea sistemului energetic şi a elementelor acestuia, extindere şi creştere a eficienţei termoficării, creştere a productivităţii muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecţie a mediului înconjurător şi a instalaţiilor energetice, surse noi, reînnoibile şi noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmăreşte, de asemenea, informarea specialiştilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid şi de stat, noutăţilor tehnice din ţară şi din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic şi în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii româneşti.

. . . . . .

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Intreprinderea

. . . . . COD SIRUES . . . . . .

Subsemnatul

din localitatea . . . . . .str. . . . . .nr. . . . bl. . . .

sc. . . . . .et . . . .ap. . . .sect. . . . . .cod poştal . . .telefon . . . .

. . . . .judeţul . . . . . .solicit . . . . . abonamente care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei . . . . . am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01., BN RSR fil. 3, Bucureşti, cod 74568, prin m.p.nr. . . . . .

din . . . . . .sau la casieria ICEMENERG REDACŢIEI cu chitanţa nr. . . . . .

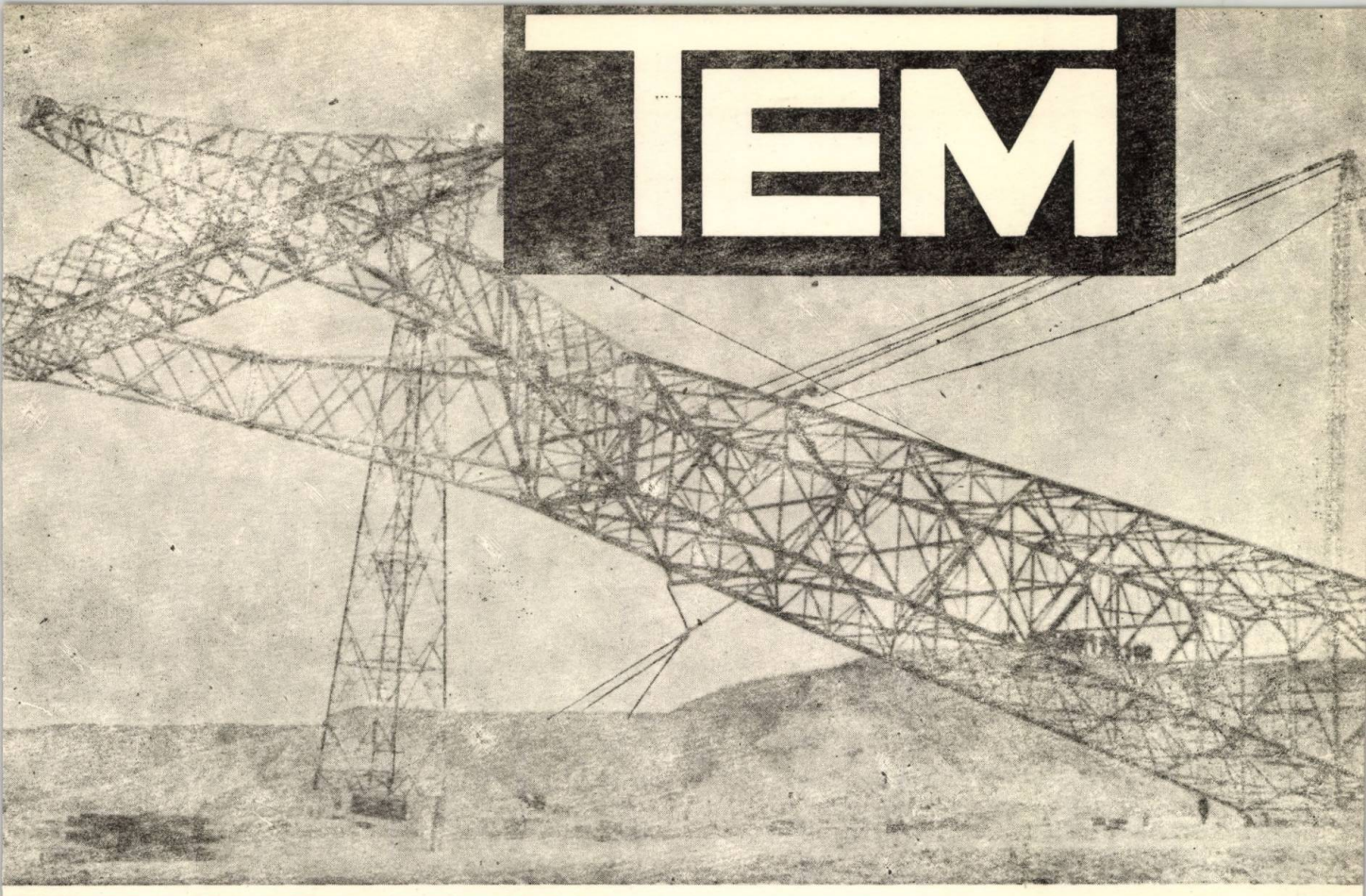
din . . . . . .

Data . . . . . .

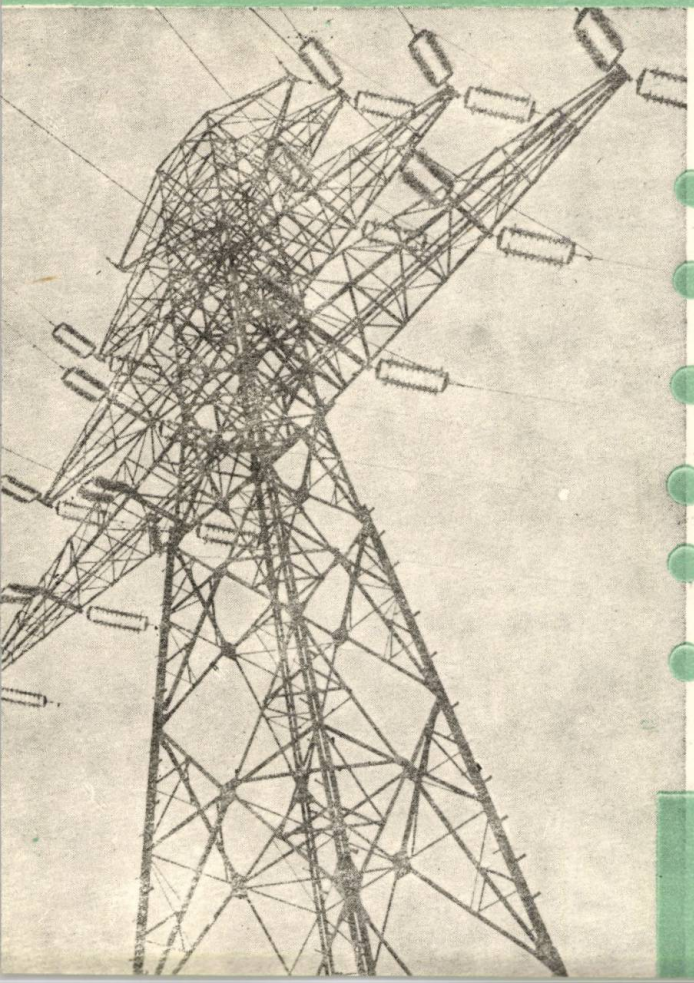
Semnătura

. . . . . .

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS HIVATALOS TÁJÉKOZTATÓ SZOLGÁLAT 1883



La executarea instalaţiilor electrice, Trustul ELECTROMONTAJ foloseşte procedee tehnologice moderne de mare productivitate, care conduc la durate scurte de execuţie şi la un înalt nivel calitativ al lucrărilor



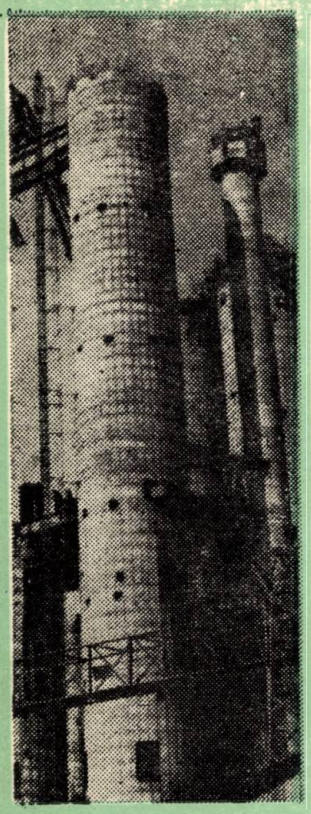
EXECUTA PRIN UNITATILE SALE DE CONSTRUCTII, IN TARA SI PESTE HOTARE :

- Linii electrice de foarte înaltă tensiune, 220 - 400 kV;
- Linii electrice de înaltă şi medie tensiune, 6 - 110 kV;
- Lucrări de joasă tensiune : iluminat stadioane, autostrăzi, aeroporturi;
- Linii electrice în cabluri subterane şi subfluviale de la 1 la 220 kV;
- Staţii electrice de transformare şi conexiuni de 1 - 400 kV;
- Posturi de transformare şi puncte de alimentare de orice tensiune şi putere.

TRUSTUL ELECTROMONTAJ BUCURESTI
Calea Moşilor nr. 158, telefon 16.63.30

1984 JUL 12

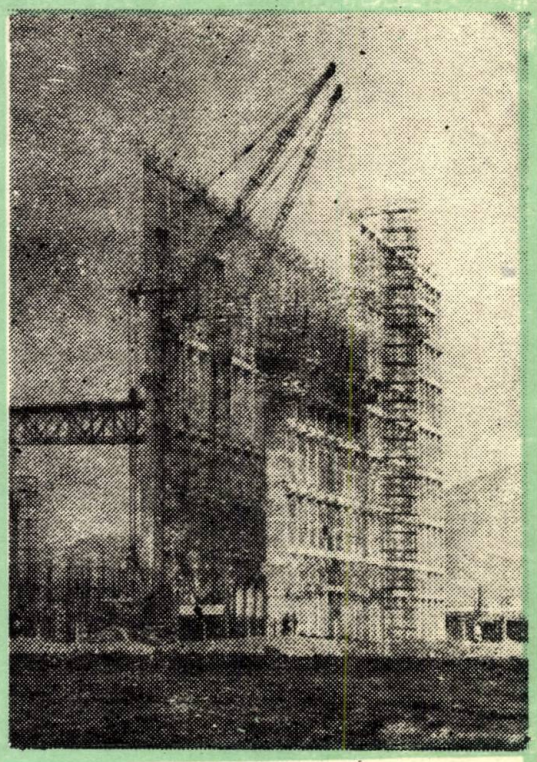
TRUSTUL energoconstrucția



TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA, dispunînd de o dotare tehnică modernă şi de un important efectiv de muncitori de înaltă calificare, tehnicieni şi ingineri, realizează :

LUCRARI DE TEHNICITATE DEOSEBITA CA :

- turnuri de răcire de mare capacitate eu tiraj natural sau artificial (Q = 42 000 mc/h)
- coşuri de fum de mare înălţime (H = 280 m)
- fundaţii speciale pentru maşini şi utilaje în termocentrale
- staţii de transformare de 400, 200 şi 110 kV
- magistrale şi reţele de termoficare pentru alimentarea marilor centre industriale şi urbane.



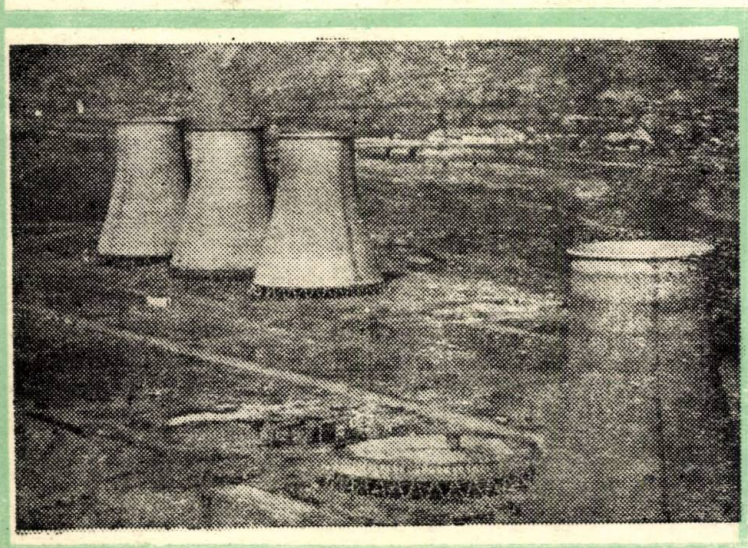
LUCRARI HIDROTEHNICE AFERENTE TERMOCENTRALELOR :

- baraje de diferite dimensiuni şi regularizări de rîuri
- prize decantoare şi staţii de pompe pentru debite importante
- canale şi conducte de apă caldă şi rece în soluţii constructive variate.

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA REALIZEAZA :

- centrale electrice şi de termoficare cu puteri instalate de 50, 200, 300, 625, 800, 1000 şi 2600 MW
- structuri de rezistenţă ale termocentralelor executate din beton armat monolit cu ajutorul cofrajelor glisante
- elemente prefabricate şi construcţii metalice alcătuite din mari subansambluri

LUCRARI DE CONSTRUCTII LA TERMOCENTRALELE ELECTRICE SI DE TERMOFICARE de mare şi foarte mare putere funcţionînd cu cărbune, păcură, gaze, şisturi.



TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA A REALIZAT IN SIRIA TURNURI DE RACIRE SI COSURI DE FUM LA RAFINARIA DIN BANYAS SI LA FABRICA DE CIMENT DIN ALEPPO

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCIA
Calea Dorobanţilor nr. 103-105
Sector 1 Bucureşti
Telefon 79. 60. 20 - telex 10179

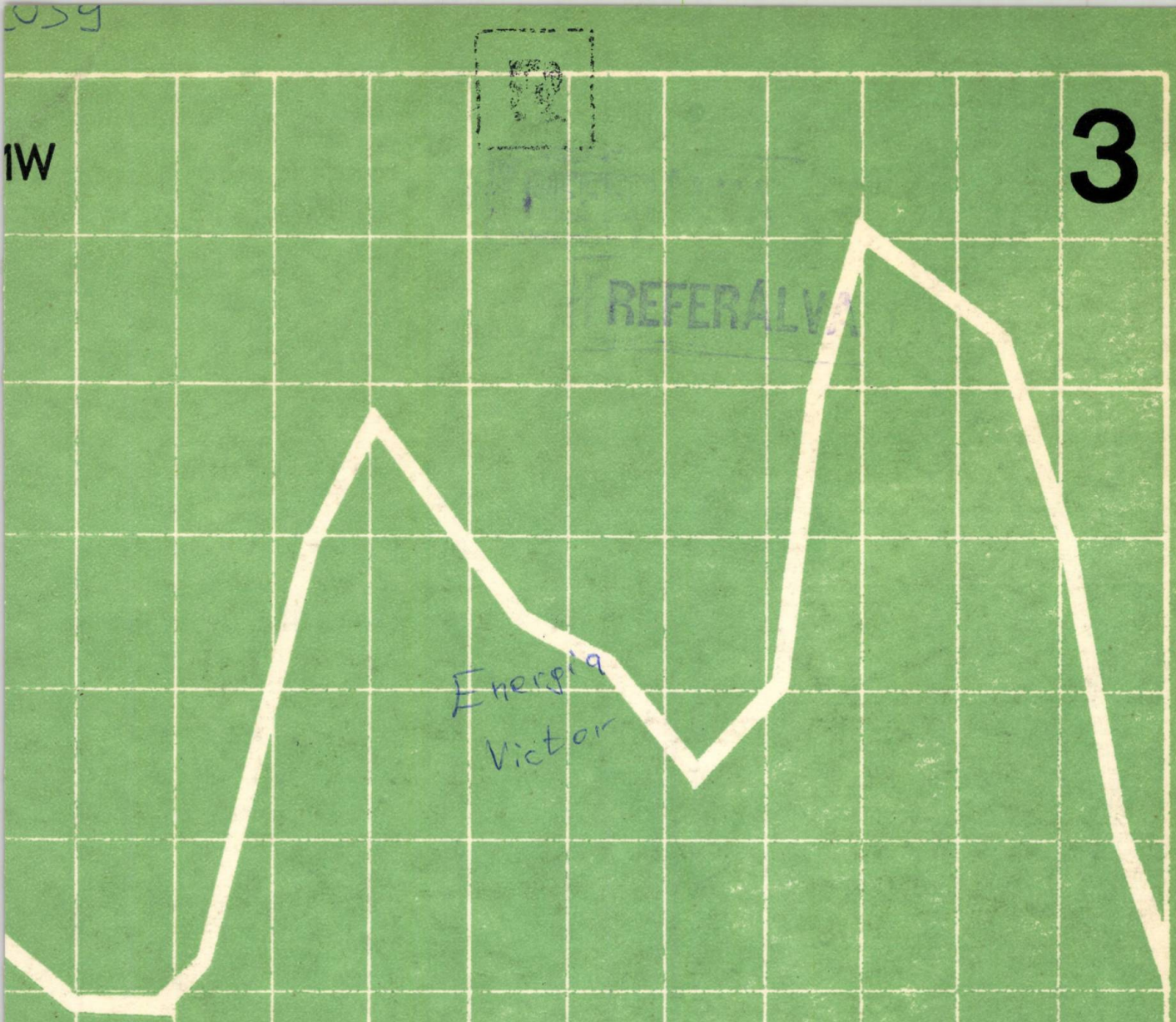
059

1W

3

REFERAT

Energia
Victor



energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREȘTI
MARTIE 1984

Specialişti în energetică!

Vreţi să fiţi bine informaţi şi să dispuneţi de materiale documentare de actualitate?

Citiţi cu regularitate lucrările de informare documentară elaborate de ICEMENERG — Oficiul de informare documentară pentru energetică:

— ENERGETICA, revistă cu 12 apariţii pe an, 144 lei abonamentul.

— ENERGETICA SUPLIMENT, 6 volume pe an, preţ aproximativ 600 lei setul.

— ENERGETICA PESTE HOTARE, — seria Informaţii tehnico-ştiinţifice, 6 volume pe an, preţ aproximativ 600 lei setul.

— ENERGETICA PESTE HOTARE — seria Sumar energetic, 6 volume pe an, preţ aproximativ 600 lei setul.

★

Comenzile se adresează către ICEMENERG, Bd. Energeticienilor nr. 8, sector 3, Bucureşti, 74568, cu plata anticipată prin dispoziţie de plată sau mandat poştal în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01 BN — R.S.R, filiala sector 3, Bucureşti.

★

Citind şi colaborînd la revista „Energetica" şi la celelalte lucrări de informare documentară, participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul energeticii româneşti!

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS SZÖVETSÉG 1883

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 32 **3** MARTIE 1984

Cuprinsul

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M.Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel** (secretar redacţie)
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu**

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon: 20 67 30; 21 46 30

Cd. 2056

I. P. Informaţia, str. Brezoianu, nr. 23—25, Bucureşti, sector 1.

ARTICOLE

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, C. Huţanu, N. V. Boţan, C. Mihăileanu, D. Potlog: **Dispozitive şi instalaţii de comandă, menţinere în funcţiune şi optimizare a unor procese ale sistemelor de acţionare cu motoare sincrone. III. Instalaţia SINCROOPT — varianta a III-a** 101—110

Vl. Nicu: **Prevenirea creşterii consumului intern de energie în CET** 111—112

O. Gheorghe, V. Ştefănescu, B. Minteanschi: **Aspecte noi privind separarea automată a unor centrale electrice cu consumul zonal** (cu prezentare în limba engleză) 113—117

D. Dobrinescu, V. Somoghi: **Optimizarea dimensionării conductelor izolate** 118—124

Cr. Ţânţăreanu: **Avantajele energetice ale funcţionării cu turaţie variabilă a grupurilor aerogeneratoare de mare putere** 125—131

NOTE TEHNICE 132—133

CRONICA 134—139

RECENZIE 140

DIN SUMARUL REVISTELOR 141

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile. manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de artcole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discutii la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. sect. 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex : 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie, nr. 3.

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucuresti, str. Brezoianu 23—25 c. 2056.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

СОДЕРЖАНИЕ

Г. Ижак, Г. Чепою, М. П. Диаконеску, Г. Савитеску, К. Хуцану, Н. В. Боцан, К. Михэйляну, Д. Потлог: **Приспособления и установки для управления, поддержки в эксплуатации и оптимизации некоторых процессов систем синхронного привода. III. Установка СИНКРООПТ — III-ий вариант** 101—110

Вл. Нику: **Предупреждение явления роста внутреннего расхода энергии в ТЭС** 111—112

О. Георге, В. Штефэнеску, Б. Минтянски: **Новые вопросы, связанные с автоматическим разделением электростанций зонального расхода** (с изложением на английском языке) 113—117

Д. Добринеску, В. Сомоги: **Оптимизация определения размеров изолированных трубопроводов** 118—124

К. Цынцэряну: **Энергетическое преимущество действия с переменным оборотом ветродвигателей большой мощности** 125—131

ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ 132—133

ХРОНИКА 134—139

РЕЦЕНЗИИ 140

ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ 141

INHALTSVERZEICHNIS

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, C. Huțanu, N. V. Boțan, C. Mihăileanu, D. Potlog: **Vorrichtungen und Anlagen für die Steuerung, Betriebsbewachung und Optimierung einiger Prozesse der Antriebssysteme mit Synchronmotoren. III — Die Anlage SINCROOPT — die dritte Variante** 101—110

Vl. Nicu: **Die Vorbeugung des Energieeigenverbrauchs in den Wärmekraftwerken** 111—112

O. Gheorghe, V. Ştefănescu, B. Minteanschi: **Neue Aspekte der automatischen Separation einiger elektrischer Kraftwerke mit gebietlichem Verbrauch** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 113—117

D. Dobrinescu, V. Somoghi: **Die Dimensionsoptimierung der isolierten Rohrleitungen** 118—124

Cr. Ţânţăreanu: **Energiewirtschaftliche Vorteile des Betriebes mit variabler Drehzahl der Hochleistungswindgeneratoren** 125—131

TECHNISCHE NOTEN 132—133

CHRONIK 134—139

REZENSIONEN 140

AUS DEM INHALT DER ZEITSCHRIFTEN 141

SOMMAIRE

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, C. Huțanu, N. V. Boțan, C. Mihăileanu, D. Potlog: **Dispositifs et installations de commande, maintien en fonctionnement et optimisation de quelques opérations du systèmes d'actionnement à moteurs synchrones. III. L'installation SINCROOPT. La troisième variante** 101—110

Vl. Nicu: **Prévention de l'accroissement de la consommation interne d'énergie de la CET** 111—112

O. Gheorghe, V. Ştefănescu, B. Minteanschi: **Nouveaux aspects concernant la séparation automatique de quelques centrales électriques à consommation zonale** (à presentation en anglais) 113—117

D. Dobrinescu, V. Somoghi: **Optimisation du dimensionnement des conduits isolés** 118—124

Cr. Ţânţăreanu: **Les profits énergétiques du fonctionnement à nombre de tours variable des groupes aérogénérateurs de grande puissance** 125—131

NOTES TECHNIQUES 132—133

CHRONIQUE 134—139

COMPTE-RENDU 140

LA REVUE DES REVUES 141

SUMMARIES

DC 621.313.333.004.5

Gh. Ijac, Gh. Cepoiu, M. P. Diaconescu, Gh. Savitescu, C. Hufanu, N. V. Bofan, C. Mihăileanu, D. Potlog · **Devices and Installations for the Control, Operation and Optimisation of Some Actuating System Processes Optimisation with Synchronous Motors. III — The Installation SINCROOPT — The Third Variant**

The SINCROOPT control, protection and automation devices and equipment for the synchronous motor driving systems dealt upon in this paper, are meant to keep these drivings in operation at voltage dips (short temporary disturbances) in order to keep the operation stability of the technological processes they belong to. In this way, the production losses and power losses brought about by these disturbances are avoided.

The equipment optimizes some of the processes specific to synchronous motors and, therefore, improves the transient condition of these drivings, particularly considering their starting-up and short durations disturbances. The mechanical, thermal and electrodynamic stress of these situation are reduced.

An increase of the operation stability of the drivings investigated at voltage dips of up to 7.0 s and at supply voltages reduced to less than 50% of the rated value, for over 10 s, has been obtained.

(Energetica 32 (1984), nr. 3, p. 101—110)

DC 66.012.3

Vl. Nicu : **Preventing the Internal Energy Consumption Increase of the Thermal Power Plants**

The author outlines the internal consumption variation of a thermal power plant indicating measures to prevent its increase.

(Energetica 32 (1984), nr. 3, p. 111—112)

DC 621.3.52

O. Gheorghe, V. Ştefănescu, B. Minteanski : **New Trends in the Automatic Separation of the Power Plants on Local Load**

The article deals with the philosophy principles and the experience acquired in Romania concerning the automatic separation (islanding) of some power plants on local load supplying current at 6—110 kV.

This system automation is part of a complex of automation procedures meant to limit the outages extension and it only acts if the action of the other automation procedures fails to restore the system normal operation.

This is the last action before the isolation of the generators on the auxiliary consumption.

(Energetica 32 (1984), nr. 3, p. 113—117)

DC 621.643

D. Dobrinescu, V. Somoghi : **Insulated Ducts Dimensioning Optimisation**

The expenses for the building and operation of a thermally insulated duct depend on the duct diameter as well as on the insulation thickness. The paper presents a method for a simultaneous optimized dimensioning of the duct diameter of the thermal insulation thickness. The optimal situation is achieved when the total annual investment and operation expenses reach a minimum. A general mathematical two decision variables model is established and the logical calculation scheme, the practical data necessar for its application and a concrete optimized dimensioning example for a hot thermally insulated duct is presented.

(Energetica 32 (1984), nr. 3, p. 118—124)

DC 621:313.12

C. Ţânţăreanu : **Energetic Advantages of the Variable Speed Operation of Large Wind Generators**

After showing the advantages of a variable speed operation of large wind turbines connected to the system, the representative technical solutions which can ensure this condition are presented.

There are given, for the concrete case of the SAG-01 100 kW pilot wind turbine to be located in a high mountain are, the results of studied, regarding first the energetic advantages of the speed control operation. For the first tests stage the static Sherbius drive in the rotor of the inductor generator has been chosen.

(Energetica 32 (1984), nr. 3, p. 125—131)

TECHNICAL NOTES 132—133

CHRONICS 134—139

REVIEW 140

FROM THE SUMMARY OF REVIEWS 141

Dispozitive și instalații de comandă, menținere în funcțiune și optimizare a unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone
III. Instalația SINCROOPT — varianta a III-a

Ing. Gh. Ijac, ing. Gh. Cepoiu, dr. ing. M. P. Diaconescu, ing. Gh. Savitescu, dr. ing. C. Hutanu, prof. dr. ing. N. V. Boțan, dr. ing. C. Mihăileanu, dr. ing. D. Potlog *

De obicei, stabilitatea în funcționare a proceselor continue depinde de stabilitatea tuturor acționărilor încadrate în fluxul tehnologic, dar mai ales a celor înseriate în liniile tehnologice. În aceste condiții, este mai economică dotarea unor grupuri de acționări, de a căror stabilitate depinde continuitatea procesului, cu cîte o instalație proprie fiecărui grup, comună acționărilor grupului.

9. Instalația SINCROOPT — varianta a III-a — [11, 15, 19]

Instalația SINCROOPT III este realizată pentru comanda, menținerea în funcțiune și optimizarea unui grup de mai multe acționări cu motoare sincrone cum este cel din figura 1.

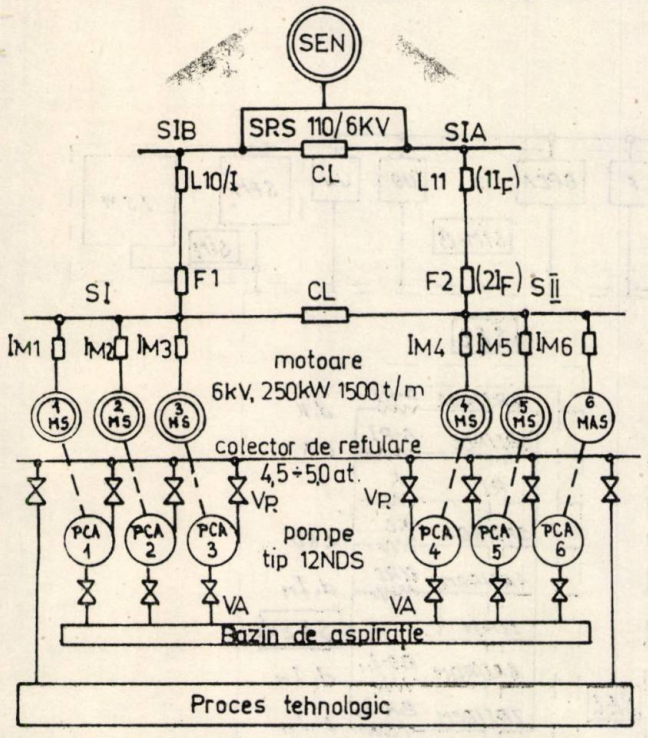


Fig. 1. Schema electrică de distribuție și hidraulică de încadrare în procesul tehnologic, a acționării PCA 5 MS pe care s-au efectuat cercetările cu variantele I și II și a grupului de acționări pentru care s-a realizat prototipul variantei a III-a, ale instalației SINCROOPT.

* Ing. Gh. Ijac și ing. Gh. Cepoiu sînt șef de atelier, respectiv șef de secție la CIC AZOMureș; dr. ing. M. P. Diaconescu, ing. Gh. Savitescu, dr. ing. C. Hutanu și dr. ing. N. V. Boțan sînt șef de lucrări, lector, conferențiar și profesor la Institutul Politehnic „Gh. Asachi" din Iași; dr. ing. Călin Mihăileanu și dr. ing. D. Potlog sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG.

Pe acționarea PCA 5 MS din figură s-au efectuat cercetările cu primele două variante ale instalației.

În figura 2 se prezintă schema bloc a instalației SINCROOPT prototip 2, realizat pentru cele cinci acționări din figura 1.

Schema bloc din figura 2 rezultă din schema bloc a variantelor I și II, descrisă în partea I a articolului, prin separarea sistemelor SIM, de informație și memorie, în SIM-M, de informație și memorie asupra mărimilor de stare ce definesc regimul de funcționare al acționării, și în SIM-B, de informație și memorie asupra mărimilor de stare ale sistemului electroenergetic (rețelei) de alimentare.

În principiu sistemele SIM-M, SEL-M și SEE_x-M, proprii fiecărei acționări, diferă ca structură și reglaj, funcție de tipul acționării. În cazul prototipului 2 realizat, acționările comandate fiind identice și structura sistemelor instalației este identică.

Sistemele SIM-B sînt fiecare comune acționărilor racordate la o secție de bare de alimentare.

În figura 3 se prezintă principiul după care sînt realizate conexiunile fiecărui modul SIM-M și SEE_x-M, proprii unei acționări, la acționarea corespunzătoare lui, precum și principiul conexiunilor fiecărui modul SIM-B la reductorul de tensiune de bară sau LES de alimentare.

Din fiecare grup de relee ale SEE_x-M propriu unei acționări, prezentat în partea a II-a a articolului (vezi Energetica 32, 1984, nr. 2, p. 57-64), prototipul 2 utilizează numai releele 2 RI/RDE la 7 RI/RCM. Acestea au următoarele funcțiuni:

— 2 RI/RDE — releu cu funcția principală de deconectare a excitației (contactorului de cîmp) motorului, pentru trecerea în asincron sau la oprire;

— 3 RI/RCE — releu cu funcția principală de conectare a excitației (contactorului de cîmp) la sincronizare sau de reconectare a excitației la resincronizare;

— 4 RI/ROM — releu cu funcția principală de oprire a motorului, voită sau la depășirea duratelor admise a unor regimuri, inclusiv la avarierea unor componente ale acționărilor;

—5 RI/RDR — releu cu funcția de stingere a cîmpului polar remanent sau de dezexcitare automată rapidă a motorului;

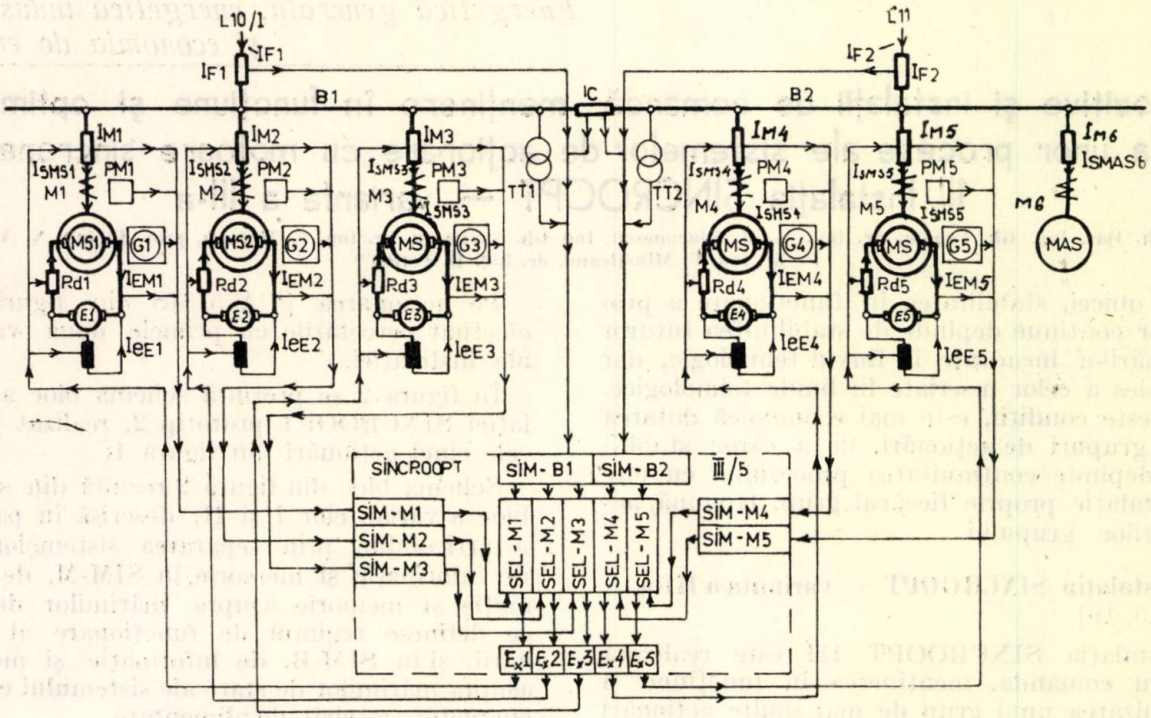


Fig. 2. Schema bloc a instalației SINCROOPT — varianta a III-a.

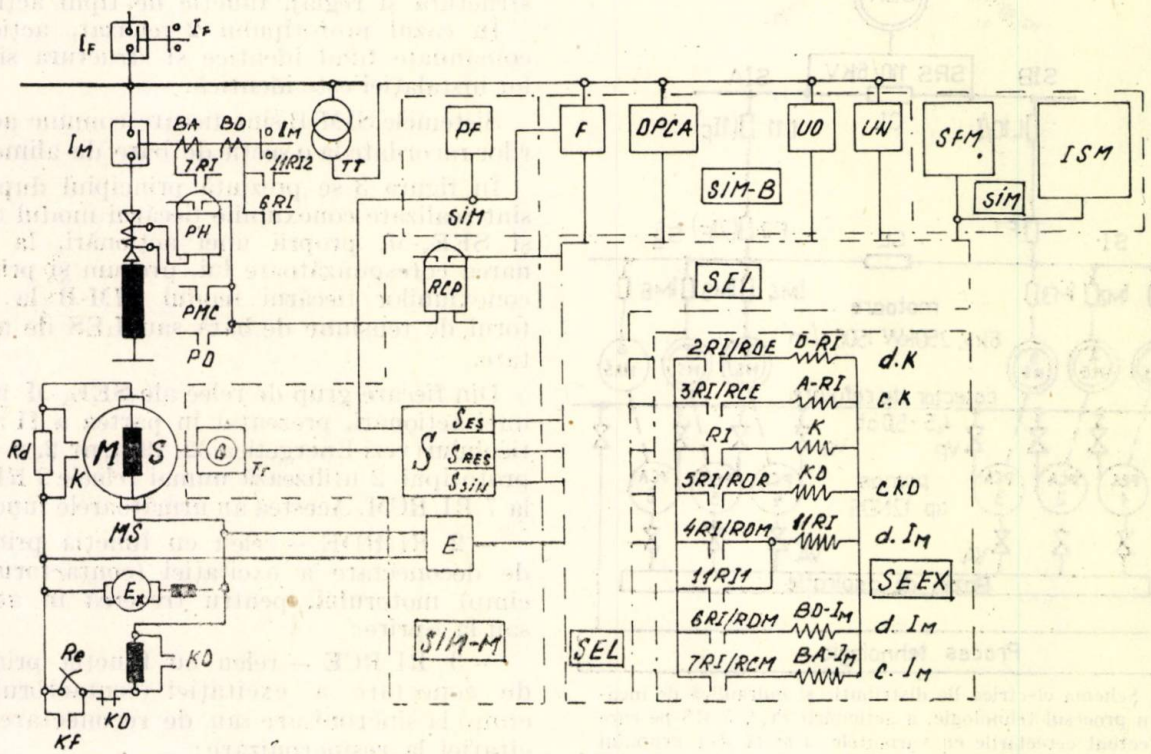


Fig. 3. Schema de principiu a conexiunilor fiecărui modul SIM-M, SEE_x-M propriu unei acționări, la acționarea corespunzătoare, și a modulelor SIM-B la reductoarele de tensiune aferente secțiilor de bare la care sînt racordate motoarele comandate de SINCROOPT III.

— 6 RI/RDM — releu cu funcția principală de deconectare temporară a motorului de la rețeaua (barele) de alimentare;

— 7 RI/RCM — releu cu funcția de conectare a motorului la pornire sau de reconectare pentru autopornire și resincronizare, după o

funcţionare tranzitorie în regim asincron determinată de o perturbaţie trecătoare de scurtă durată.

Prototipul 2 al instalaţiei (varianta a III-a) (fig. 4, 5, 6) are cinci grupuri de relee 2 RI la 7 RI, deci în total 30 relee de tip RI 13.

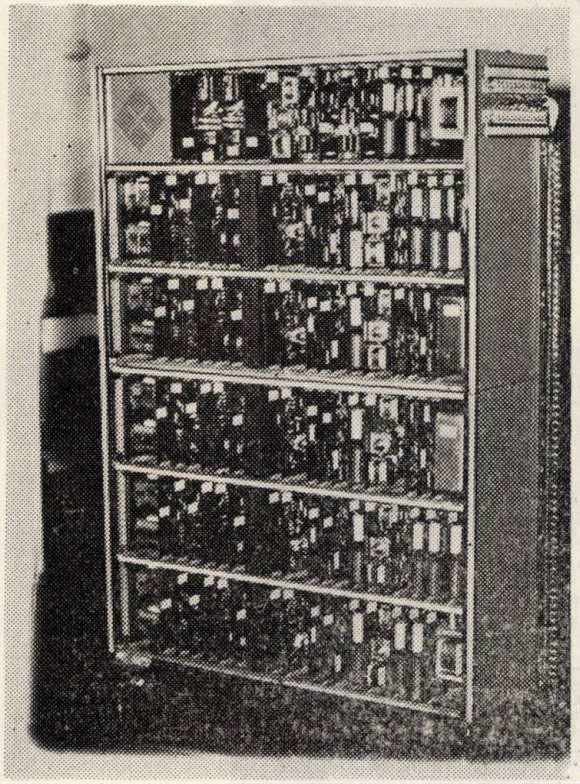


Fig. 4. Instalaţia SINCROOPT — varianta a III-a, prototip 2, realizată de Institutul Politehnic „Gh. Asachi" din Iaşi.

După cum rezultă din figura 4, instalaţia este montată în două sertare suprapuse, fiecare conţinînd cîte trei rînduri de plăci cu circuite. În principiu, în fiecare rînd, începînd de jos în sus, sînt amplasate modulele aferente motoarelor 1 la 5, iar rîndul de sus este comun acestora. În figura 5 se observă cele cinci rînduri de cîte şase relee montate în partea dreaptă a instalaţiei, aferentă celor cinci motoare.

În figurile 6 şi 7 se observă caseta de semnalizare cu şi fără memorie, montată central sus, separat de instalaţie. În dreapta sa sînt montate aparatele de control al alimentării cu curent operativ a instalaţiei, iar în stînga caseta de control a continuităţii circuitelor surselor de lumină ale traductoarelor rotorice.

Pe uşa panoului (fig. 6) în care este montată instalaţia sînt montate cheile şi butonul de deservire operativă, precum şi becul de semnalizare optică la avarierea unor dispozitive ale ei (autocontrol şi protecţii proprii). Hupa de semnalizare acustică în acelaşi scop, este montată în instalaţie.

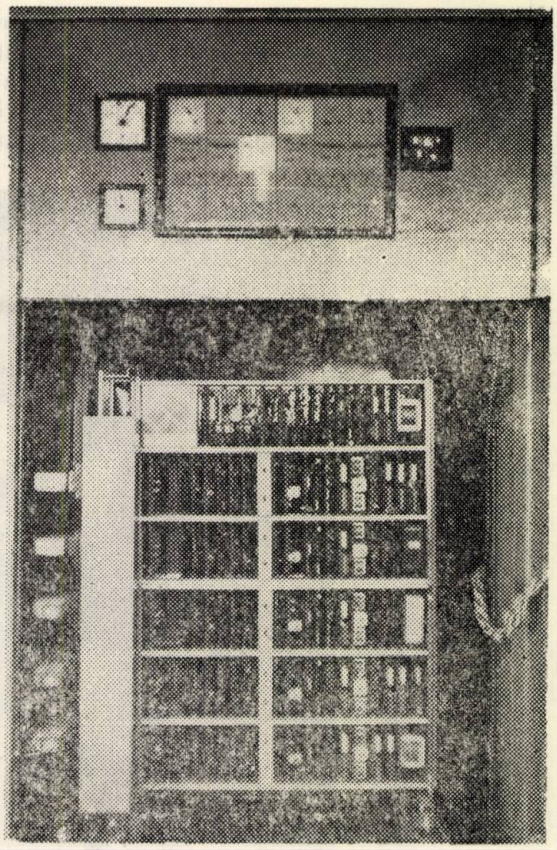


Fig. 5. Vedere de montaj a instalaţiei SINCROOPT III, prototip 2 şi a părţilor sale de control şi semnalizare: jos — instalaţia; sus — partea de control şi semnalizare.

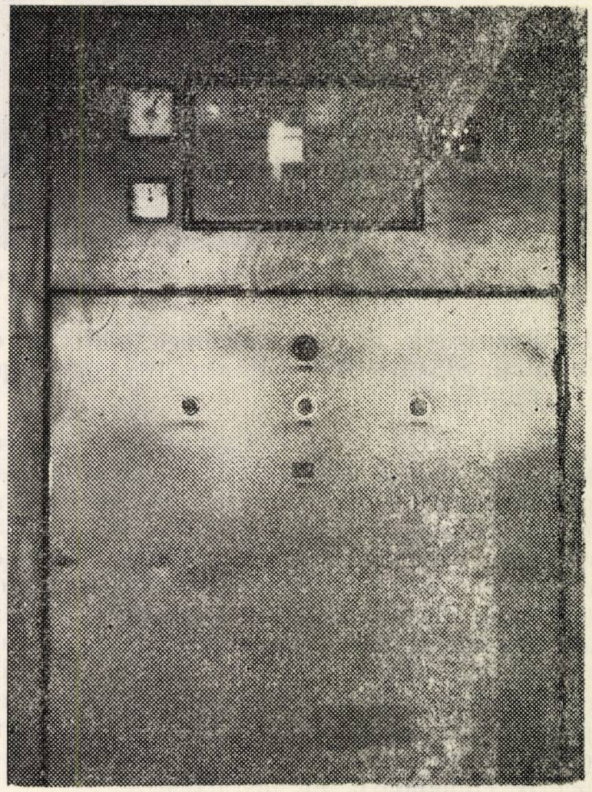


Fig. 6. Vedere din faţă a panoului în care este montat prototipul 2 al instalaţiei SINCROOPT III.

În figura 7 se văd o parte din motoarele de acționare pentru comanda cărora a fost montată și pe care s-a experimentat funcționarea instalației. Operatorul indică traductorul rotoric al unui motor de acționare, montat în capul axului excitatoarei sale.

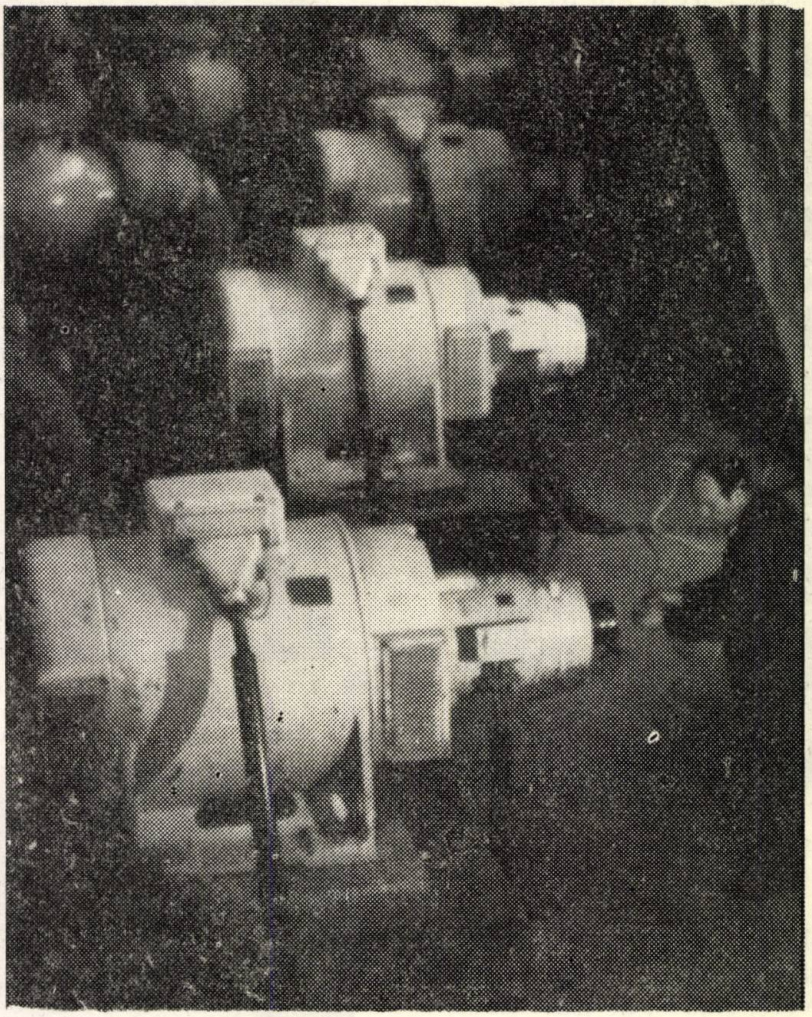


Fig. 7. Vedere de montaj a traductoarelor rotorice pe motoarele de acționare comandate de SINCROOPT III.

10. Rezultatele de experimentare obținute cu instalația SINCROOPT, varianta a treia, prototip 2 [19, 21, 23]

Pentru recepție și în vederea omologării prototipului 2 al instalației s-au efectuat 149 probe, la care s-au înregistrat 207 oscilograme [19, tabelul 10]. Dintre acestea, 115 probe redau în exclusivitate comportarea sistemelor de acționare, a motoarelor și instalației lor de comandă. Ele au constat în 35 probe de pornire ale sistemelor de acționare, 4 opriri, 24 de desprinderi (deconectări) de sistem și 52 de resincronizări, în sarcină după RAR-uri cu pauze cuprinse între 0,7 și 4,5 s. La toate aceste probe, acționările au fost supravegheate, respectiv comandate, de instalație.

În cadrul probelor s-au cercetat atît comportarea individuală a fiecăreia din cele cinci acționări comandate de instalație [19], cît și comportarea în grup a cîte una sau două acționări cu motoare sincrone (PCA 4 MS, PCA 5 MS din figurile 1 și 2) comandate din instalație, împreună cu acționarea PCA 6 MAS, cu motor asincron [14, 19].

În figura 8 se prezintă două exemple de comportare individuală, și anume:

a — proba 144/III de comportare la pornire a PCA 5 MS, cu PCA 4 MS în funcțiune, ambele comandate de instalație;

b — proba 66/III de comportare a acționării PCA 1 MS (comandată de instalație), supusă unei perturbații în alimentare, realizată printr-un RAR al întrerupătorului F 1 cu pauza de 0,82 s.

Dintre înregistrările de pe oscilograma „a" se menționează cele ce prezintă importanță în continuare și anume:

— Ubs2 — tensiunea de bară a secției S2;

— IF2 — curentul pe LES de alimentare, prin F2, a secției S2;

— Is—MS4 — curentul statoric al lui 4MS;

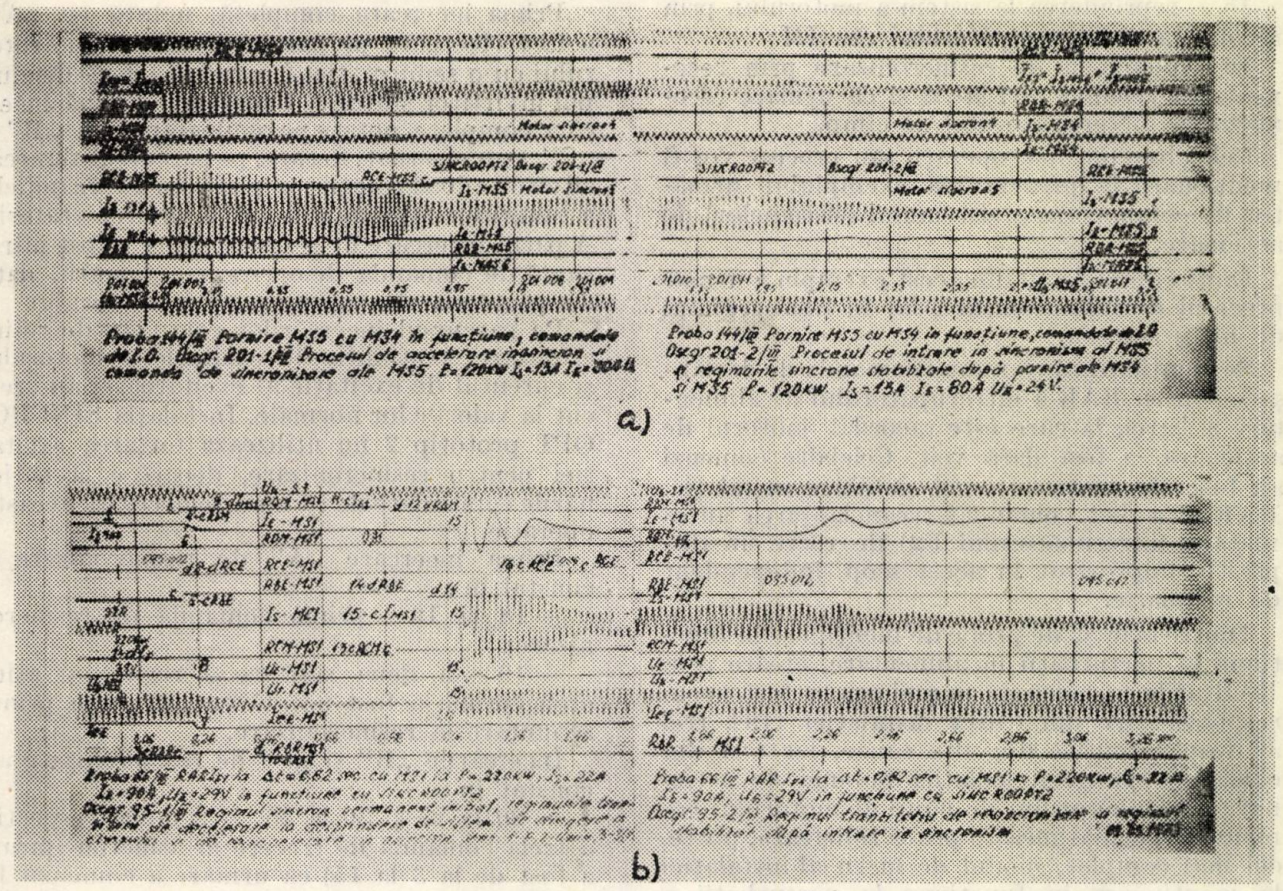


Fig. 8. Exemple de rezultate obținute cu instalația SINCROOPT III — prototip 2: a-proba 144/III de comportare la pornire a uneia din acționările comandate de instalație; b-proba 66/III de comportare individuală a unei acționări comandate de instalație și de funcționare a acesteia, la o pauză de tensiune cu durata de 0,82 s.

— IE—MS4 — curentul rotoric al lui 4 MS;
— RCE — MS5 — contactul releului 3RI/RCE al instalației aferent motorului 5 MS;
— IS—MS5 — curentul statoric al lui 5 MS;
— IE—MS5 — curentul rotoric al lui 5 MS;
— RDR—MS5— contactul releului 5RI/RDE aferent motorului 5MS;
— IS—MAS6 — curentul statoric al motorului (oprit) 6MAS;
— Ub—MS5 — tensiunea de borne a motorului 5 MS.

Celelalte înregistrări sînt aferente motorului 4 MS.

Pe oscilograma „b" s-au înregistrat, în ordinea de sus în jos, pe lîngă tensiunea de bare a secției S1 (Ub—S1), următoarele mărimi și contacte aferente motorului 1MS.

— RDM—MS1—contactul releului 6RI/1MS;
— IE—MS1 — curentul rotoric al motorului 1MS;
— ROM—MS1—contactul releului 4RI/1MS;
— RCE—MS1—contactul releului 2RI/1MS;
— RDE—MS1—contactul releului 2RI/1MS;
— IS—MS1 — curentul statoric al motorului 1 MS;
— RCM—MS1 — contactul releului RI/1MS;
— UE—MS1 — tensiunea de excitație sau la inelele rotorice ale motorului 1 MS;
— Ub—MS1 — tensiunea la bornele motorului 1MS, care pe timpul pauzei de RAR este tensiunea remanentă statorică a acestuia;
— IeE—MS1 — curentul de excitație a excitatoarei motorului 1MS;
— RDR—MS1—contactul releului 5RI/1MS.

În continuare prin xRI/yMS se înțelege contactul releului x(2 la 7) RI din grupul de relee aferent motorului y(1 la 5)MS.

Din compararea curenților statorici ai motorului, IS—MS5 din oscilograma „a" cu IS—MS1 din oscilograma „b", se observă că regimul tranzitoriu de autopornire și resincronizare în sarcină (al motorului 1MS) este chiar mai ușor decît cel de pornire normală — cu vana de refulare închisă (al motorului 5MS).

Cifrele notate pe oscilogramă marchează comenzile sau operațiile efectuate de instalație, respectiv delimitează procesele motorului de acționare. Principalele comenzi și operații sînt:

— desprinderea de sistem a motorului de acționare, prin deconectarea voită pentru RAR a întrerupătorului F2;
9 — izolarea de sistem a motorului prin deconectarea întrerupătorului IM propriu de alimentare;

15 — reprinderea la sistem a motorului, prin reconectarea întrerupătorului său IM;

16 — comanda de resincronizare prin reconectarea releului 3RI/RCE şi ca urmare reconectarea întrerupătorului de cîmp.

Celelalte comenzi, operaţii sau procese vor fi menţionate la prezentarea exemplului următor de comportare a sistemului (sistemelor) de acţionare.

După comanda 16 din acest exemplu a urmat procesul de resincronizare, iar în final regimul de mers sincron.

Se menţionează că numai comanda de declanşare pentru RAR a întrerupătorului de alimentare a barei, la care este racordat motorul de acţionare, a fost dată voit. Celelalte comenzi au fost efectuate automat de către instalaţie. RAR-ul a fost comandat (reanclanşarea automată a întrerupătorului F2) de către un dispozitiv improvizat în acest scop, independent de instalaţie.

Dintre cele 52 de probe de menţinere în funcţiune la perturbaţii în alimentare, create prin RAR-urile menţionate numai una a fost necorespunzătoare din cauza instalaţiei [19], trei au fost nereuşite din alte cauze, iar una din cauza străpungerii izolaţiei bobinei de acţionare a contactorului de cîmp al motorului comandat. Tocmai această probă reliefează, poate, cel mai complet, modul de lucru al instalaţiei la menţinerea în funcţiune la perturbaţii a unei acţionări care se resincronizează greu în sarcină. Oscilograma înregistrată la această probă se prezintă în figurile 9 *a* şi 9 *b*. Mărimile înregistrate pe aceste oscilograme sînt aceleaşi ca şi cele din oscilograma „b" figura 8, însă aferente motorului 5MS, iar contactele sînt ale grupului de relee 2 RI la 7RI/5MS ale instalaţiei.

Oscilograma din figurile 9 *a* şi 9 *b* redă comportarea acţionării PCA 5 MS comandată de instalaţie, la un RAR cu pauza de 3,18 s.

După RAR instalaţia a efectuat trei încercări complete, dar nereuşite, de resincronizare şi una (a IV-a) incompletă, acţionarea fiind oprită de protecţia sa de suprasarcină. Toate încercările de resincronizare au fost nereuşite din cauza defectării menţionate a contactorului de cîmp.

Cu excepţia celor cinci probe menţionate, la toate celelalte 47 probe de comportare la perturbaţii de tip RAR, sistemele de acţionare comandate de instalaţie s-au comportat asemănător cu cele precizate pînă la comanda 17, după care au urmat comenzile, respectiv procesele de resincronizare şi în final regimurile de mers sincron (cum s-a arătat în exemplul precedent).

În acest exemplu, din cauza defecţiunii menţionate, ivite în timpul probei, au urmat trei încercări complete şi o încercare incompletă de resincronizare.

Prima încercare completă, notată cu „A", a fost efectuată pe parcursul alunecării rotorului cu o semirotaţie (2 π rad.el.) faţă de cîmpul învîrtitor statoric. Următoarele două încercări complete, notate pe oscilogramă cu „B" şi „C", s-au efectuat, fiecare, pe parcursul alunecării cu cîte două rotaţii complete (cu $4 \times 2\pi$ rad.el.) a rotorului faţă de cîmpul învîrtitor statoric. A patra încercare de resincronizare a fost întreruptă de comanda de oprire a acţionării, dată de protecţia de suprasarcină a motorului.

Pe parcursul încercărilor complete de resincronizare, tensiunea de excitaţie a motorului şi curentul de excitaţie al excitatoarei au crescut la valorile lor normale. Instalaţia SINCRO-OPT prototip 2 nu utilizează forţarea excitaţiei pentru resincronizare, deoarece la acţionările comandate de ea nu este necesară această operaţie.

Prima încercare „A" de resincronizare a constat în :

— 18 la 19 — prima comandă de resincronizare;

— 19 — a doua sesizare a regimului asincron (prima a fost notată cu „2"), sau prima renunţare la resincronizare.

Încercările „B" şi „C" de resincronizare au constat în :

— 20 la 25 şi 30 la 35 — a doua, respectiv a treia comandă de trecere în asincron (prima a fost de la 3 la 15) ca urmare a comenzii 18 la 19, a sesizării 19, respectiv a comenzii 26 la 29 şi sesizării 29, a regimului asincron;

— 21 la 24 şi 31 la 34 — a treia, respectiv a patra comandă şi operaţie de stingere a cîmpurilor polare, tot ca urmare a comenzilor 18 la 19, respectiv 26 la 29;

— 22 la 23 şi 32 la 33 — al treilea, respectiv al patrulea proces de stingere a cîmpurilor polare;

— 26 la 29 şi 36 la 39 — a doua, respectiv a treia comandă (încercare) de resincronizare;

— 29, 39 — a treia, respectiv a patra sesizare a regimului asincron sau a doua, respectiv a treia renunţare la resincronizare.

A patra încercare incompletă, de resincronizare a constat în :

— 40 la 45 — a patra comandă de trecere în asincron ca urmare a comenzii 36 la 39 sau a sesizării 39 de regim asincron excitat;

— 41 la 44 — a cincea comandă şi operaţie de stingere a cîmpurilor polare;

— 42 la 43 — al cincilea proces de stingere a cîmpurilor polare;

— 46 — a patra comandă (încercare) de resincronizare;

— 50 — a cincea sesizare a regimului asincron, respectiv a patra renunţare, definitivă, la resincronizare.

Cele trei comenzi nesemnificative (27 la 28, 37 la 38 şi 47 la 48) de după fiecare trecere în asincron, au avut loc datorită evitării utili-

zării a încă unui contact auxiliar al întrerupătorului de alimentare al motorului. Prototipul 2 utilizează numai cîte un contact auxiliar al fiecărui întrerupător de motor comandat, dar nici un contact auxiliar al întrerupătorului de linie prin care s-au realizat RAR-urile.

Oprirea acționării PCA5MS a avut loc în momentul 49, după aproximativ 8,78 s de mers în asincron prelungit și în sarcină, respectiv după 12,22 s de la desprinderea de sistem a motorului de acționare.

La acționările comandate de instalația SINCROOPT prototip 2, reglajul de timp al protecțiilor de suprasarcină coincide cu duratele admisibile de mers în asincron prelungit și de aceea nu s-au mai utilizat contactele corespunzătoare ale instalației. Funcția lor a fost îndeplinită de protecțiile menționate.

În finalul acestui exemplu de comportare, se menționează că acționările din figurile 1 și 2 comandate de instalația SINCROOPT III, au aptitudinea de funcționare la goluri și microîntreruperi de tensiune ca orice mașini centrifugale acționate de motoare asincrone. Încercarea de resincronizare din exemplu, a fost nereușită din cauza defecțiunii menționate, apărute în timpul probei la contactorul de cîmp al motorului.

Dintre încercările efectuate, de comportare în grup a acționărilor la perturbații în alimentare, în figura 10 se prezintă un exemplu de comportare a grupului de acționări PCA4MS

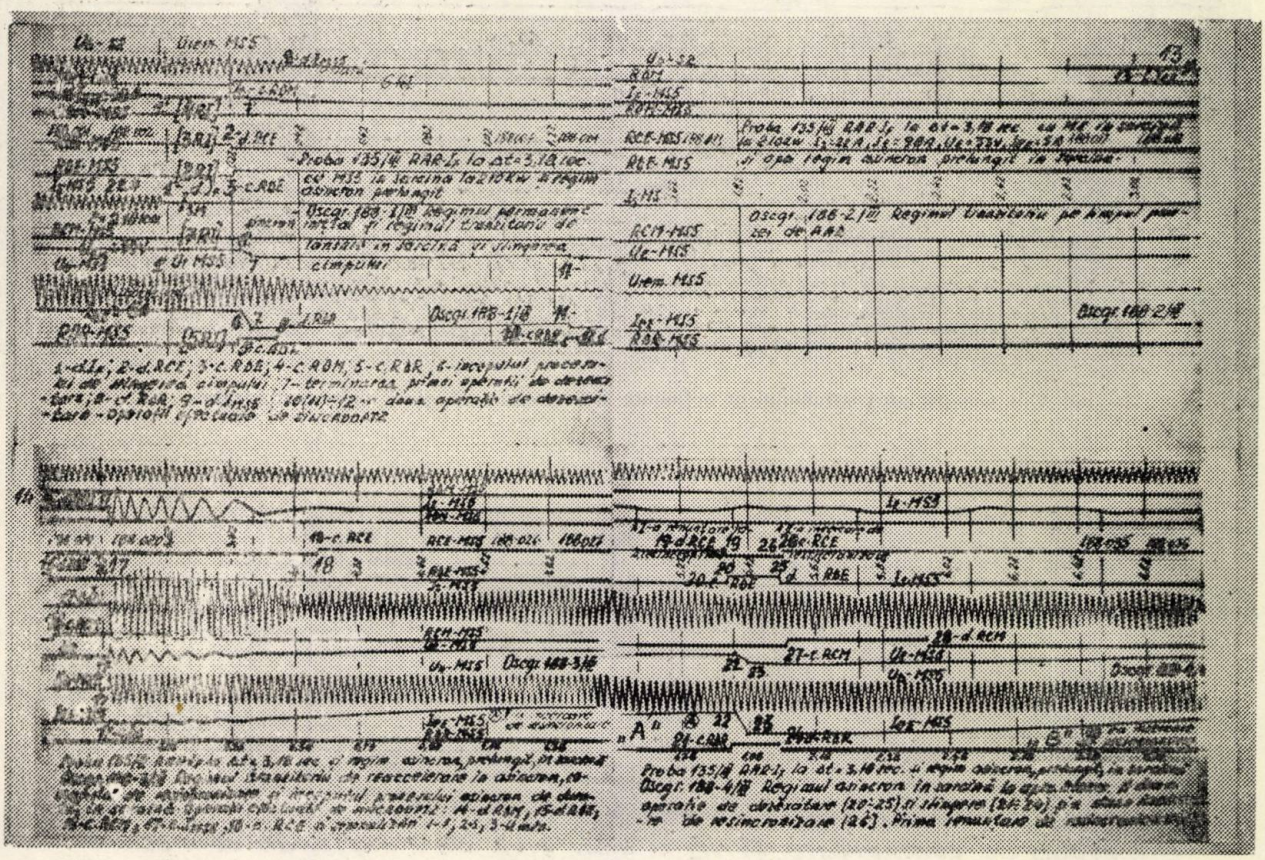


Fig. 9.a. Exemplu de mod de lucru al instalației SINCROOPT III, prototip 2, asupra unui motor care se resincronizează greu în sarcină. Comportarea sistemului de acționare la o pauză de tensiune cu durata de 3,18 s și la primele două încercări de resincronizare: 1 — desprinderea de sistem a motorului de acționare prin deconectarea voită pentru RAR al întrerupătorului F2 (fig. 1 și 2); 2 — sesizarea ieșirii din sincronism a motorului și deci renunțarea la comanda de mers sincron prin deconectarea releului 3RI/5MS; 3-comanda trecerii în asincron (a deconectării contactorului de cîmp), ca urmare a comenzii 2, prin conectarea releului 2RI/RDE; 4-sesizarea desprinderii de sistem și ca urmare comanda izolării motorului (a deconectării întrerupătorului IM5 de alimentare) în scopul prevenirii realimentării în nesincron, prin conectarea releului 6RI/RDM; 5 la 8 — comanda stingerii cîmpurilor polare remanente (a dezexcitării automate rapide) ale excitatoarei și motorului de acționare, prin conectarea releului 5RI/RDR; 6 la 7 — procesul stingerii cîmpului polar al excitatoarei; 7-începutul procesului stingerii cîmpului polar remanent al motorului; 8-sesizarea stingerii cîmpului polar și deci deconectarea releului 5RI/RDR; 9-izolarea de sistem a motorului prin deconectarea întrerupătorului IM5, ca urmare a comenzii 4; 10,12 — a doua comandă de stingere a cîmpurilor polare remanente (această operație se repetă ori de cîte ori este necesară); 11 — efectul celei de a doua operații de dezexcitare (stingere); 13 — restabilirea (revenirea) tensiunii de alimentare din sistem, prin recuplarea întrerupătorului F2 (sfîrșitul pauzei de RAR, comandat voit); 14 — sesizarea condițiilor favorabile realimentării motorului și ca urmare întreruperea comenzii (supravegherii) de izolare, prin deconectarea releului 6RI/RDM; 15 — întreruperea supravegherii regimului asincron (a comenzii de menținere în asincron) prin deconectarea releului 2RI/RDE; 16 — sesizarea condițiilor de autopornire și ca urmare comanda reprinderii (reconectării) la sistem a motorului, prin conectarea releului 7RI/RCM; 17 — reprinderea la sistem a motorului prin reconectarea întrerupătorului IM5 de alimentare a motorului.

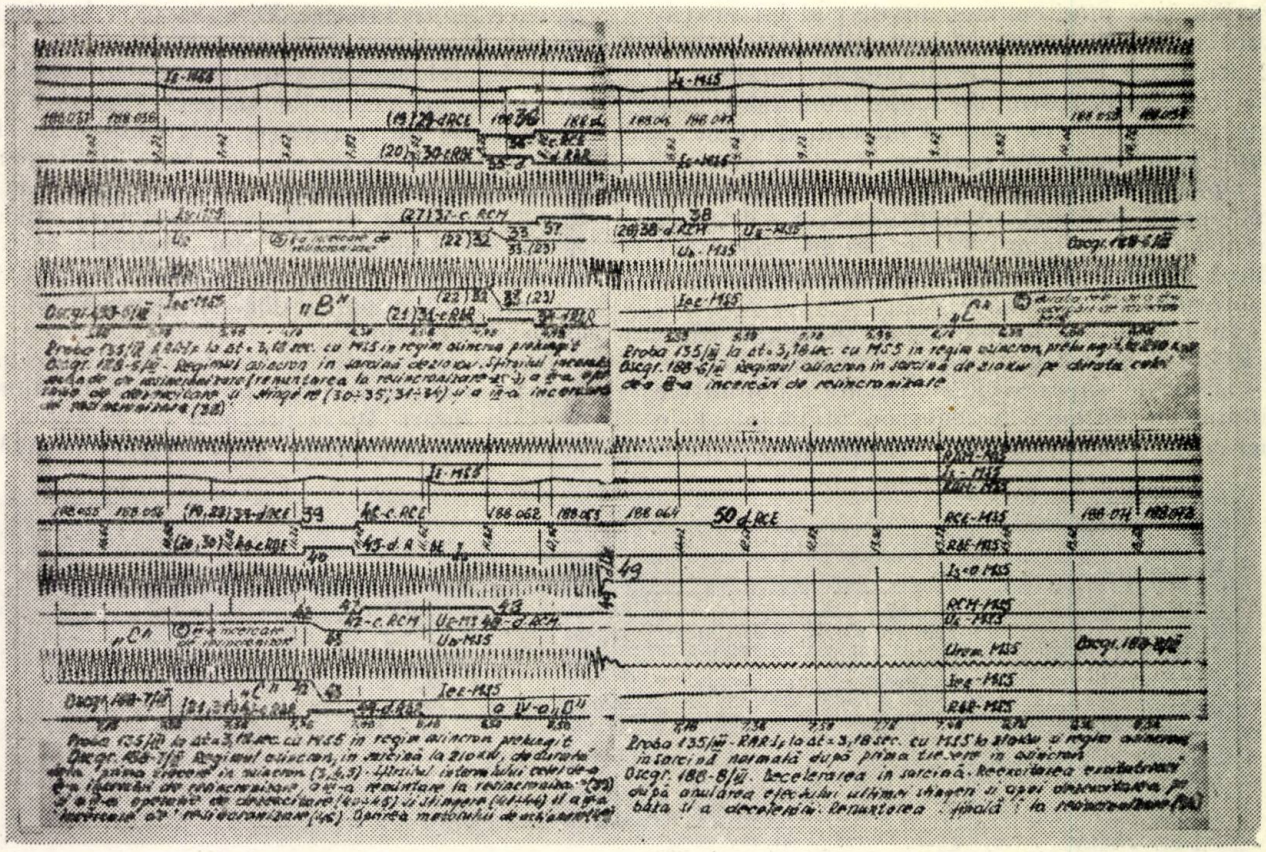


Fig. 9. b. Comportarea sistemului de acționare la încercările III și IV de resincronizare.

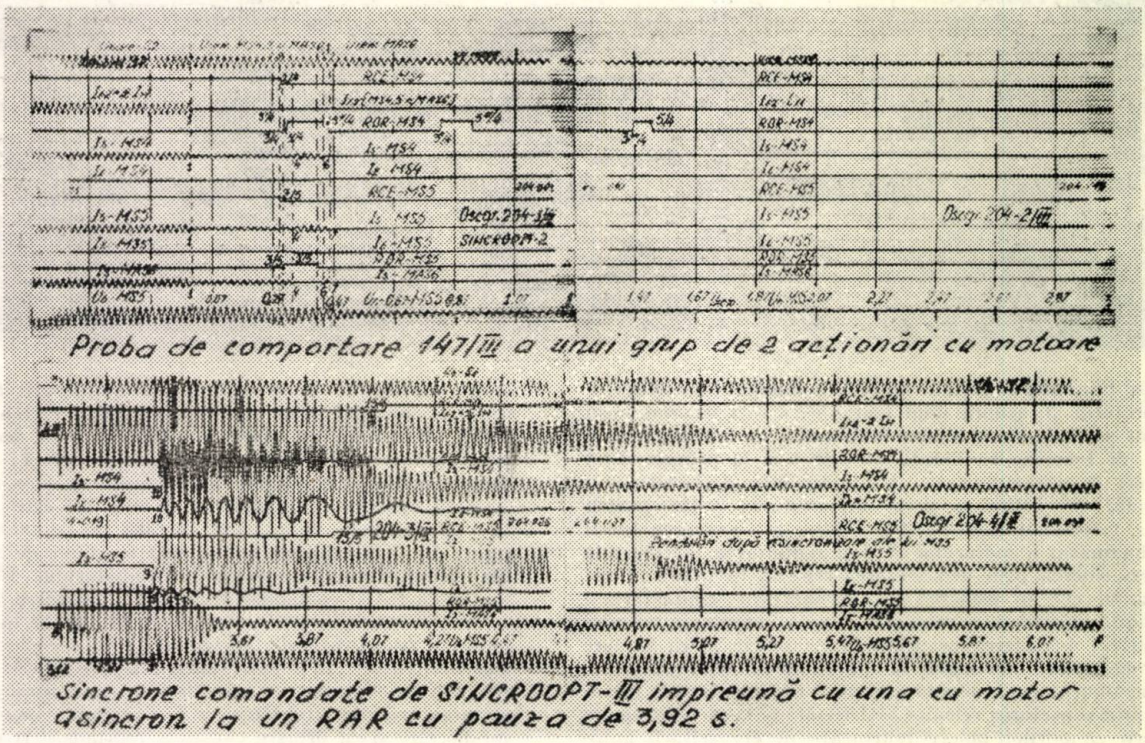


Fig. 10. Exemplu de rezultate obținute cu SINCROOPT III, prototip 2. Proba de comportare a unui grup de două acționări cu motoare sincrone comandate de instalație, împreună cu una cu motor asincron, la o pauză de tensiune cu durata de 3,12 s.

și PCA5MS, comandate de instalația SINCROOPT prototip 2, împreună cu acționarea cu motor asincron PCA6MAS, la un RAR cu pauza de 3,12 s, al întrerupătorului F2.

Pe oscilogramă sînt înregistrate, în ordinea de sus în jos, următoarele mărimi, respectiv contacte:

— Ub—S2 — tensiunea secției de bare S2;
— RCE—MS4 — contactul releului 3RI/MS4;
— IF2—L11 — curentul pe LES de alimentare a secției de bare S2;
— RDR—MS4 — contactul releului 5RI/MS4;
— IS—MS4 — curentul statoric al lui 4MS;
— IE—MS4 — curentul rotoric al lui 4MS;
— RCE—MS5 — contactul releului 3RI/MS5;
— IS—MS5 — curentul statoric al lui 5MS;
— IE—MS5 — curentul rotoric al lui 5MS;
— RDR—MS5 — contactul releului 5RI/MS5;
— IS—MAS 6 — curentul statoric al lui 6 MAS;
— Ub—MS5 — tensiunea de borne a motorului MS5.

Față de probele de comportare individuală la care s-au înregistrat contactele tuturor releelor grupului de relee aferent acționării cu care s-au efectuat probele, la probele de comportare în grup, din motive de capacitate de înregistrare a oscilografului, pe oscilograme s-au înregistrat contactele a numai cîte două relee din grupurile aferente celor două motoare sincrone cu care s-au efectuat aceste probe.

Releele 3RI/MS4 și 5RI/MS4 sînt releele 3RI/RCE, respectiv 5RI/RDR din grupul de relee al instalației aferent supravegherii și comenzii motorului 4MS, iar 3RI/MS5 și 5RI/MS5 releele similare din grupul aferent motorului 5MS.

Deoarece la probele precedente s-au precizat care relee efectuează diverse comenzi de execuție a operațiilor corespunzătoare, în continuare aceste relee nu se mai specifică. La comenzile înregistrate, releele respective rezultă din oscilogramă.

Cifrele notate pe oscilogramă marchează:

— 1 — desprinderea de sistem a grupului de acționări prin declanșarea voită pentru RAR al întrerupătorului F2(L11).

— 2/4 și 2/5 — sesizarea ieșirii din sincronism a motoarelor 4MS și 5MS prin deconectarea releelor 3RI/RCE aferente motoarelor 4MS, respectiv 5MS.

— 3/4 și 3/5 — comenzile stingerii cîmpurilor remanente polare ale motoarelor 4MS și 5MS. Anterior, neînregistrate pe oscilogramă, avuseseră loc comenzile de trecere în asincron (deconectarea excitațiilor) a celor două motoare.

— 4 — începutul proceselor de trecere în asincron și de stingere a cîmpurilor polare remanente (dezexcitate) ale motoarelor 4MS și 5MS și excitatoarelor lor.

În intervalul 1 la 4 motoarele sincrone sînt generatoare de putere reactivă pentru cel asincron, fenomen pus în evidență de schimbarea în momentul 1 al fazelor curenților statorici ai tuturor motoarelor grupului.

— 5/4 și 5/5 — întreruperea comenzilor de stingere a cîmpurilor polare remanente ca urmare a dezexcitării motoarelor pînă la un nivel nepericulos pentru ele (la o revenire a tensiunii de alimentare din sistem). Operația de dezexcitare se repetă ori de cîte ori este necesară, ca de exemplu la acționarea PCA4MS.

— 6 — izolarea de sistem a motorului 4MS, prin deconectarea întrerupătorului propriu de alimentare.

— 7 — izolarea motorului 5MS.

Anterior momentelor 6 și 7 avusese loc sesizarea desprinderii de sistem a motoarelor grupului și ca urmare comanda (neînregistrată pe oscilogramă) a deconectării motoarelor sincrone de pe barele de alimentare.

Între momentele 1 și 6 tensiunea de bare Ub — S2 este tensiunea remanentă a întregului grup de motoare, iar între 6 și 7 în grup rămîn numai 5MS cu 6 MAS.

În intervalul 4 la 6 energia reactivă înmagazinată în cîmpurile magnetice remanente ale motoarelor 4MS și 5MS și parțial cea activă înmagazinată în organele în rotație ale acționărilor corespunzătoare se consumă în acestea din urmă, motorul 6MAS rămînînd practic nealimentat. Fenomenul este pus în evidență prin anularea curentului statoric al lui 6MAS și prin schimbarea încă o dată, în momentul 4, a fazei curentului 5MS față de a celorlalte două motoare și față de tensiunea statorică remanentă a grupului. Între 6 și 7, prin ieșirea din grup a motorului 4MS, motorul 6MAS este realimentat de 5MS. Între 7 și 8, tensiunea Ub—S2 este tensiunea statorică remanentă a motorului 6MAS, rămas singur racordat pe bare. Această tensiune scade mult mai încet decît tensiunea remanentă (de borne)a motorului 5MS, motorul 6MAS nedispunînd de circuit de descărcare a energiei reactive înmagazinate în cîmpul său magnetic.

— 8 — reconectarea comandată voit și independent de instalația SINCROOPT a întrerupătorului F2, respectiv revenirea tensiunii de alimentare din sistem și realimentarea, respectiv autopornirea motorului 6MAS.

— 9 și 10 — reprinderea la sistem a motoarelor 5MS, respectiv 4MS, prin reconectarea întrerupătoarelor proprii de alimentare.

Între 8 și 9 au fost sesizările, respectiv comenzile (neînregistrate pe oscilogramă) menționate la 14, 15 și 16 din proba precedentă, pentru fiecare din motoarele 5MS și 4MS.

După momentul 9, la una din probele de comportare în grup (la proba 149/III, oscilograma 206/III) a avut loc o încercare nereușită de resincronizare a motorului 5MS notată prin 11 la 12, urmată de o dezexcitare scurtă (13 la 14)

necesitată ca urmare a primeia, după care au urmat, la toate probele :

— 15/14 și 15/5 — comenzile de resincronizare ale motoarelor, continuate cu procesele de resincronizare ale acestora și de supraveghere de către instalație a regimurilor lor sincrone. Contactele releelor 3RI/RCE rămîn închise, iar ale celorlalte rămîn deschise, pregătite pentru lucru în cazul unor noi regimuri tranzitorii.

Ca și la celelalte probe, numai comenzile legate de realizarea perturbațiilor în funcționare ale sistemelor de acționare au fost date voit,celelalte comenzi au fost executate automat de instalație.

11. Cu privire la execuție, fiabilitate și mentenabilitate

Instalația SINCROOPT, varianta a III-a, a fost realizată tot în fază de prototip (ca și varianta a II-a) cu componente electronice profesionale și circuite integrate, de fiabilitate corespunzătoare unei utilizări industriale.

Deoarece prototipul variantei a III-a diferă de cel al variantei a II-a, atît ca structură, cît și ca execuție, el constituie prototipul 2 al instalației SINCROOPT.

După probele de recepție și în vederea omologării, el a fost lăsat în funcționare de durată, pe test, cu toate dispozitivele sale. De la punerea sa în funcțiune și pînă în prezent au apărut, de două sau trei ori, semnalizări de „frecvență micșorată", fără ca aceasta să fie sub valoarea reglată. Celelalte semnalizări înregistrate de personalul operativ au fost cauzate ori de manevrele efectuate, ori de anomalii ivite în funcționarea motoarelor de acționare sau a sistemului electroenergetic de alimentare. Una din aceste anomalii ce a avut loc intermitent, dar pe durate lungi, au impus schimbarea tensiunii de referință a celor cinci traductoare de alunecare ale instalației, de pe oscilatorul pilot de frecvență, pe reductorul de tensiune al barelor de alimentare [19].

Ca urmare a comportării la probe și în funcționarea de durată, pe test, instalația s-a propus spre omologare [19], în varianta cu tensiunea de bare ca referință pentru traductoarele de alunecare. Deoarece, odată cu probele de comportare în diverse regimuri și cu încercările de funcționare de durată a celor două prototipuri ale instalației, s-au probat și încercat toate dispozitivele utilizate de ele, s-au propus spre omologare și acestea din urmă, ca dispozitive cu utilizare independentă — pentru comandă, protecție, semnalizare și automatizare în instalațiile electroenergetice.

12. Concluzii

Dispozitivele și instalațiile SINCROOPT, de comandă, protecție și automatizare ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone prezentate, au rolul de menținere în funcțiune a acționărilor la perturbații trecătoare, de scurtă durată, în scopul păstrării stabilității în funcționare a proceselor tehnologice din care fac parte și prin aceasta, a evitării pierderilor de materii prime și energie ce au loc la aceste perturbații. Instalațiile realizează și o optimizare a unora dintre procesele specifice motoarelor sincrone și prin aceasta o ameliorare a regimurilor tranzitorii ale acționărilor, la porniri și la diverse perturbații de scurtă durată, reducînd solicitările mecanice, termice și electrodinamice ale motoarelor din aceste regimuri.

La perturbații de genul golurilor de tensiune s-a obținut o creștere a stabilității de funcționare a acționărilor cercetate, individual și în grup, la microîntreruperi de pînă la 7,0 s și la variații de tensiune pînă sub 50% din valoarea nominală, cu durata de peste 10 s. Din punctul de vedere al aptitudinii de funcționare la acest gen de perturbații, acționările cu motoare sincrone, ale unor mașini de lucru centrifugale, comandate de instalațiile SINCROOPT, prezintă aceleași rezerve de stabilitate ca și acționările similare cu motoare asincrone.

NOTĂ:

Articolul a fost redactat după: Boțan, N. V., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Balaban, E., Huțanu, C., Cepoiu, Gh., Dudici, M. R., Goldner, W., Ijac, Gh., Mihăileanu, C. A., Potlog, D. M., Rugină, V., Zărnescu, H. V., Vulcu, I.: Vorrichtungen und anlagen für die Steuerung, Betriebsbewahrung und optimisierung einiger Prozesse der Antriebssysteme mit Synchronmotoren. Raport 23/A-3 la A X-a Conferință Internațională de Energetică Industrială, Budapesta, 19—24 octombrie 1981.

Bibliografie

[20] Ijac, Gh., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Orza, T., Macarie, S., Mărginean, A., Baranyayi, L., György, A., Deac, Gh.: *Rezultatele unor cercetări experimentale privind posibilitățile de îmbunătățire a stabilității de funcționare a sistemelor de acționare cu motoare sincrone (III).* Raport 1.9/S VI., vol. III, la Sesiunea de comunicări tehnico-științifice, ICEMENERG, 12—14 iunie 1980.

[21] Cepoiu, Gh., Dudici, M. R., Goldner, W., Borenstein, S t., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Ijac, Gh., Macarie, S., Orza T., Deac, Gh : *Raport privind rezultatele de experimentare a comportării în funcționare a unor sisteme de acționare cu motoare sincrone, comandate de o instalație comună pentru optimizarea unor procese ale acestor sisteme.* Raport 1.10/S VI la Sesiunea de comunicări tehnico-științifice, ICEMENERG 12—14 iunie 1980.

[22] Ijac, Gh., Diaconescu, M. P., Savitescu, Gh., Cepoiu, Gh., Dudici M. R., Goldner, W., Orza, T., Macarie, S., Mărginean, A., Deac, Gh.: *Comportarea individuală și în grup la microîntreruperi în alimentarea unor sisteme de acționare cu motoare sincrone, comandate de instalația SINCROOPT, de menținere în funcțiune și optimizare.* Raport 11/S VIII difuzat pentru A II-a Conferință a energeticienilor din România, cu tema Independența energetică, București, 1980/1981.

(Primit la 14 septembrie 1983, acceptat la 1 octombrie 1983)

Prevenirea creșterii consumului intern de energie în CET

Ing. Vl. Nicu *

În centralele electrice de termoficare consumul propriu de energie electrică, aferent producerii și livrării energiei electrice și termice, este expus unor variații permanente, avînd drept cauze variația unei mulțimi de parametri.

Prevenirea creșterilor nejustificate a consumului propriu constituie o obligație de prim ordin a personalului din centrale.

Pornind de la unele aproximări, consumul propriu total al CET poate fi exprimat astfel:

$$P_{si} = P_{oE} + P_{oT} + \lambda P + \beta Q, \qquad (1)$$

în care:

P_{si} este puterea consumată de serviciile interne ale CET;

P_{oE}, P_{oT} — puterile de mers în gol aferente producerii și livrării energiei electrice și termice;

λ — creșterea relativă de putere a serviciilor interne în raport cu variația de 1 MW pe centrală;

P — puterea momentană a CET;

β — creșterea relativă a consumului intern în raport cu variația de 1 Gcal pe centrală;

Q — debitul caloric momentan produs de instalațiile de termoficare în funcțiune.

Este indicat să se exprime (1) sub forma consumului relativ procentual de energie al CET, punîndu-se în evidență efectul variației producției de energie dintr-o perioadă determinată:

$$e_{si}(\%) = \frac{E_{oE} + E_{oT} + \lambda(E_0 - \Delta E) + \beta Q}{E_0 - \Delta E} 100 =$$

$$= \frac{e_{oE} + e_{oT} + \lambda(1 - X_E) + \beta d}{1 - X_E} 100 =$$

$$= \psi(e_{oE}, e_{oT}, \lambda, X_E, \beta, d), \qquad (2)$$

unde:

$$e_{0E} = \frac{E_{oE}}{E_0}, \quad e_{oT} = \frac{E_{oT}}{E_0}, \quad d = \frac{Q}{E_0};$$

$X_E = \frac{\Delta E}{E_0}$ reprezintă variația (scăderea) relativă a producției de energie față de nivelul nominal (E_0) ce poate fi atins cu un număr dat de grupuri în funcțiune

*) Ing. Vl. Nicu lucrează la CET Brazi.

Practic, toți termenii din (2) sînt funcții de mai multe variabile. Pentru simplificare, numărul acestor variabile se restrînge convenabil, în raport cu scopul urmărit. Astfel:

$$e_{oE} = e_{oE}\left(\sum_1^m e_{om}\right),$$

$$e_{oT} = e_{oT}\left(\sum_1^k e_{ok}\right),$$

$$\lambda = \lambda(P^E_{si\,min}) = \frac{\Delta P^E_{si}}{\Delta P}, \qquad (3)$$

$$\beta = \beta(P^T_{si\,min}) = \frac{\Delta P^T_{si}}{\Delta Q},$$

$$d = d\left(\frac{\sum_1^k Q_k}{E_0}\right), \quad \sum_1^k Q_k = Q,$$

în care:

e_{om} este consumul relativ de mers în gol al CET cu un grup în funcțiune;

m — numărul grupurilor în funcțiune;

e_{ok} — consumul relativ de mers în gol al unei capacități de producere a energiei termice;

k — numărul capacităților de energie termică în funcțiune;

$P^E_{si\,min}, P^T_{si\,min}$ — consumurile interne minime de putere aferente producerii energiei electrice și termice;

d — consum specific de căldură.

O influență importantă asupra consumului intern de energie o are variația sarcinii, X_E, astfel că funcționarea cu un număr nejustificat de grupuri parțial încărcate este contraindicată, fiind necesare opriri în rezervă. Variația de sarcină, X_E, este uneori un indicator al stării tehnice în care se află grupurile turbogeneratoare, reflectînd posibilitățile de încărcare, condiționate de următoarele deficiențe, care trebuie înlăturate:

— înrăutățirea condițiilor de răcire din circuitul hidro;

— înrăutățirea transmiterii căldurii la condensatoare;

— depuneri de săruri în turbine;

— limitări ale debitelor de abur la cazane;

— scăderea calității combustibililor utilizați etc.

În cele ce urmează se exemplifică, pentru două cazuri, variația consumului intern, cunoscîndu-se :

$e_{oE} = 0{,}025$;

$e_{oT} = 0{,}002$;

$\lambda = 0{,}03$;

$\beta = 0{,}025$ MWh/Gcal — valabil pentru o repartiție constantă a lui Q pe diferitele presiuni de livrare, respectiv :

$d = 2{,}5$ Gcal/MWh

$$e_{si}(\%)\Big|_{Q\,=\,1000\ \text{Gcal/h}} = \frac{0{,}0895 + 0{,}03(1 - X_E)}{1 - X_E}\,100,$$

$$e_{si}(\%)\Big|_{Q=0} = \frac{0{,}025 + 0{,}03\,(1 - X_E)}{1 - X_E}\,100,$$

avînd reprezentarea grafică conform diagramelor din figura 1.

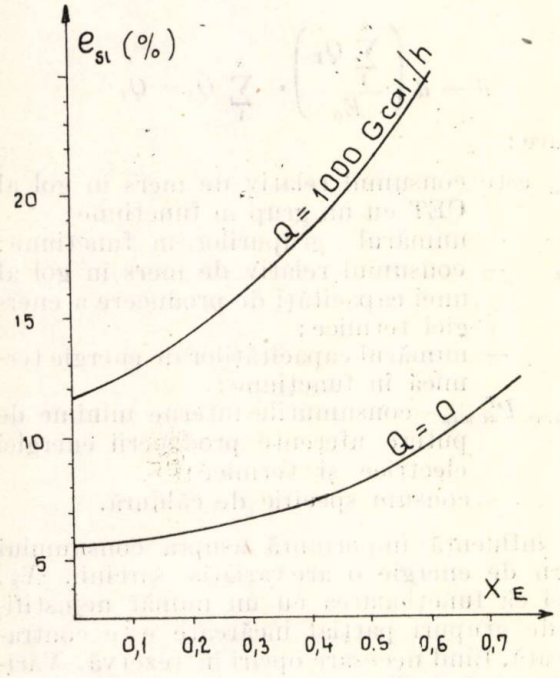


Fig. 1. Influența variației sarcinii asupra consumului relativ de energie CET $(5\times50+2\times105)$MW.

Prin trecerea în rezervă a grupurilor turbogeneratoare slab încărcate se reduce consumul relativ e_{oE}, însă aceasta nu este suficient dacă nu se iau măsuri simultane privind :

— înlocuirea motoarelor de acționare supradimensionate ;

— repararea pompelor și ventilatoarelor uzate ;

— micșorarea rezistenței hidraulice a circuitelor ;

— eliminarea infiltrațiilor de aer fals la cazane ;

— reducerea pierderilor de fluid tehnologic ;

— repararea la intervale optime a morilor-ventilator etc.

În același timp se va reduce corespunzător și consumul relativ e_{oT}, pentru care sînt valabile, prin similitudine, măsurile ce au fost menționate pentru e_{oE}.

Repartiția optimă a sarcinii pe grupurile turbogeneratoare, trecerea în rezervă a celor cu puteri unitare reduse, conduc, totodată, la repartiția optimă a consumului pe instalațiile auxiliare, rezultînd o valoare optimă pentru creșterea relativă λ.

De asemenea, repartiția optimă a sarcinii termice livrate pe instalații, astfel încît să rezulte producții specifice de energie (kWh/Gcal) în termoficare maxime în raport cu 1 Gcal produsă, menținerea în rezervă a centralelor termice, conduc la o valoare optimă a creșterii relative β.

Reducerea consumului specific de calcul, d, este posibilă prin aplicarea măsurilor care au fost experimentate pînă în prezent în CET :

— încadrarea consumatorilor industriali în repartițiile de energie termică ;

— reducerea parametrilor agentului termic în punctele termice ;

— îmbunătățirea randamentului rețelelor de termoficare ;

— creșterea debitelor de condensat returnat din aburul livrat etc.

Concluzii

Prevenirea creșterii consumului intern de energie în CET impune luarea unor măsuri simultane, care, în parte, au fost enunțate în prezenta lucrare.

O deosebită pondere în reducerea de perspectivă a consumului intern este legată de reducerea echipamentelor uzate tehnic la performanțele inițiale (de proiect).

(Primit la 24 septembrie 1983, acceptat la 27 decembrie 1983)

New Trends in the Automatic Separation of the Plants on Local Load

(Condensed from the paper in Romanian)

O. Gheorghe, Dipl. Eng., V. Z. Ştefănescu, Dipl. Eng., B. Minteanschi, Dipl. Eng.

Introduction

In the 1980's a complex automation system has been worked out and incipiently implemented in Romania, with a view to limit the outages extension and increase the reliability of electric power supply of the consumers.

One of these automation systems is the automatic separation (islanding) of some power plants or units on local load. Islanding permits supplying with power some important consumers in case of severe electrical disturbances in the power system.

At the same time, by keeping on line some power plants or power units at least, it is possible to restore fastly the power system after repairing the outage.

1. General principles adopted in Romania for islanding some power plants on local load in case of severe electrical disturbances

A. The main criterion for islanding the power plants on local load is that of decreasing the frequency. The distinct automatic actuations in the "island" separated from the rest of the power system are scheduled by the frequency stages method, not by the method of the same frequency and the distinct times. It is not effective to apply the frequency "derivate" control method, because, in an interconnected power system, owing to the existence of large loads sheddable by the frequency-actuated load shedding method, the frequency decrease rate after the last frequency-actuated load shedding, i.e. before islanding is too small and it cannot actuate the frequency "derivate" relays. Since the frequency "derivate" is a characteristic proportional to the lack of balance in the area, the frequency "derivate" relays are necessary for the load sheddings which are to be performed after the separation of the island from the rest of the system, in order to balance the consumption with the generation.

B. The separation automation system shall be set so as to permit actuating first the system frequency-actuated load shedding installations, and, only if the previous actuation does not restore the system frequency, passing on to automatically separate some power plants on local load.

C. When scheduling the distinct automatic actuations designed after islanding, the following sequence should be insured by frequency stages):

— islanding of the plant on local load (or of some units in the plant) (large island);

— islanding some units of the power plant on local load (small island);

— islanding one (or several) unit(s) in the power plant, on the auxiliaries supply.

D. In addition to the frequency decrease criterion, when initiating islanding, in some cases it appeared to be useful to apply the criterion of voltage oscillations occurence on the bus bars of the respective power plants.

E. There are some particular characteristics intervening when islanding the industrial consumers' power plants (with small power units, less than or equal to 25 MW), which supply current at 6 kV to the bus bars to which the consumers are connected.

Romanian studies and the cumulated world experience show that in this case some other islanding criteria would be applicable, apart from the frequency decrease:

— the rate-of-change of the frequency (Hz/sec).

— the occurrence of shortcircuits in the neighbouring 6 kV network which could endanger the operation of the respective units and consumers; they are indicated by maximum current directional relays and minimum voltage relays.

— the control of the lack of balance in the island obtained, by means of directional power relays, which could be associated with active power summation devices.

F. When choosing the desirable island boundaries, the following should be taken into consideration:

— after the automatic separation, the island should generally evince a maximum lack of balance of 15 —20%, most part of the time;

— for putting forward the power balance in the studied areas, it is necessary to draw up load duration curves for the on-line powers, the several average powers generated and for the load.

G. When the separation of the "island" takes place with ample surplus generation, after islanding the frequency in the island will increase considerably; this could cause the generating units to trip (by the overspeed protection), before their respective speed governors are able to adequately reduce the load of the associated turbines. To prevent this case, it is necessary to design maximum frequency relays for the sequential tripping of the generators, starting with the hydro-units. A detailed analysis (including computations and "in situ" experiments) should be made for such situations, showing the way the settings of the speed governors, maximum frequency protection and the actuation of the frequency-actuated load shedding installations are correlated after the separation.

H. Before commissioning the separation automations, the thermomechanical automation of the units in the thermal power plants shall be prepared for the "turbine-leader" operation condition. In the periods when they operate in the "boiler-leader" condition, the automatic separation devices of the respective "island" must be disconnected.

I. Before commissioning the separation automations, complex tests shoud be performed, with the participation of the consumers, to assess the capacity of the speed and voltage governors of covering the generation deficiency, the capacity of the speed governors of operating connected in parallel in the "island" separated from the system, as well as to study the performances of the consumer installations during the transient states obtained when the separation takes place.

By processing the results of these tests, it is possible to obtain the system inertia constant (H) as well as the % load reduction per 1% drop in frequency (d); these characteristics permit assessing the frequency variation particularities in the "island" after the separation, for different generation deficiencies.

It is thus possible to establish the frequency-actuated load sheddings applicable in order to balance the consumption and generation in the separated islands.

J. In the interval when the islanding devices are off line, it is necessary to provide at least generators' isolation on the auxiliaries loads, where applicable.

Aspecte noi privind separarea automată a unor centrale electrice cu consumul zonal

Ing. O. Gheorghe, ing. V. Z. Ștefănescu, ing. B. Minteanschi *

NOTA REDACȚIEI. Redacția consideră problema de o importanță deosebită și publică articolul, fiind bucuroasă să pună coloanele revistei la dispoziția acelora care ar dori să-și expună punctele de vedere, similare sau diferite, cu privire la problematica abordată.

Introducere

În deceniul opt în țara noastră s-a pus la punct și s-a început implementarea unui complex de automatizări de sistem destinate limitării extinderii avariilor și creșterii siguranței alimentării cu energie electrică a consumatorilor.

Una din aceste automatizări o constituie separarea (insularizarea) automată a unor centrale electrice sau a unor grupuri cu consumul zonal. Această măsură asigură alimentarea cu energie electrică a unor consumatori importanți în cazul unor avarii grele în sistemul energetic.

Totodată, menținerea în funcțiune a unor centrale electrice, sau cel puțin a unor grupuri, permite refacerea rapidă a sistemului electroenergetic după lichidarea avariei.

1. Stadiul problemei în alte țări

Separarea centralelor electrice cu un consum zonal este o măsură utilizată în diverse țări, cu o largă experiență în exploatarea sistemelor electroenergetice.

Astfel, în Franța sînt în funcțiune următoarele acțiuni automate comandate de scăderea frecvenței [7]:

— la 49 Hz, prima tranșă de DASF;

— la 48,5 Hz, a doua tranșă de DASF;

— la 48,25 Hz, separarea sistemului francez în două zone mari;

— la 48 Hz, a treia tranșă de DASF;

— la 47,75 Hz, împărțirea Franței în opt zone;

— la 47,5 Hz, a patra tranșă a DASF;

— la 47 Hz izolarea grupurilor termo pe consumul serviciilor proprii.

Reglajele de frecvență relativ ridicată au fost determinate de intrarea în funcțiune a grupurilor nucleare PWR, care nu suportă regimul de funcționare sub 47 Hz.

În plus, mai există o automatică de separare a rețelei de IT bazată pe criteriul sesizării pendulațiilor, cu următoarea logică de acționare:

— la prima pendulație, se deconectează interconexiunile între sistemul francez și sistemele vecine;

— la a doua pendulație, se deconectează liniile de interconexiune interregionale laterale, fiecare regiune păstrînd legăturile cu regiunea pariziană, care este foarte puternică, putînd asigura reintrarea în sincronism a sistemului;

— la a treia pendulație, se deconectează legăturile între regiunea care a ieșit din sincronism și restul sistemului, astfel că în final se formează șapte regiuni independente.

În afară de aceste măsuri, marii consumatori din Franța au centrale industriale proprii, care se separă rapid de sistem în caz de avarii, asigurînd continuitatea în alimentare a consumatorilor [12].

În S.U.A. [8, 9] se practică declanșarea automată la scăderea frecvenței, a liniilor de interconexiune dintre sistemele energetice ale diverselor companii, urmată de programele de DASF, pentru a se realiza un echilibru producție-consum în zonele separate. În ultimă instanță se utilizează separarea automată a unor centrale, sau numai a unor grupuri, pe un consum zonal corespunzător sau pe serviciile proprii.

Pentru măsurarea frecvenței se utilizează relee electronice de mare precizie, care permit eșalonarea diferitelor acțiuni de DASF la intervale de frecvență de 0,1—0,2 Hz.

Companiile din NE-S.U.A. și Canada au un program comun de acțiune în cazul scăderii frecvenței [9]. Acest program prevede o serie de DASF, iar în final separarea de sistem a grupurilor generatoare, cu/sau fără sarcină, dacă $f \leqslant 57{,}5$ Hz cu temporizare de 10 s sau $f \leqslant 56$ Hz cu temporizare de 0,35 s (21 de cicluri).

Compania AEP, care cuprinde șapte state, a adoptat [8] un program de DASF cu șase trepte între 59,5 Hz și 58,9 Hz ($\Delta f = 0{,}1$ Hz),

* Autorii sînt proiectanți la ISPE.

care sacrifică în total 25% din sarcină. La 58 Hz, grupurile se separă pe serviciile proprii sau pe un consum local, netemporizat.

În Italia există un program de DASF care acționează la scăderea frecvenței, concomitent cu creșterea „derivatei" frecvenței.

În U.R.S.S. [10] se practică declanșarea automată la scăderea frecvenței a liniilor de interconexiune, precum și separarea automată a unor centrale sau grupuri pe un consum corespunzător, cu controlul frecvenței, al „derivatei" frecvenței, precum și alte criterii, ca: schimbarea sensului puterii active, a scăderii tensiunii etc.

În articolul [11] se prezintă experiența acumulată de compania canadiană Ontario Hidro în domeniul funcționării insulare a unor hidrocentrale. S-a demonstrat că reglajele stabilite pentru RAV în vederea funcționării interconectate a hidrogeneratoarelor sînt în contradicție cu reglajele impuse în condițiile de funcționare insularizată. Pe baza unui studiu analitic detaliat al funcționării regulatorului automat de viteză (RAV) s-au ales parametrii RAV în așa fel, încît să asigure atît funcționarea insularizată, cît și în regim interconectat. Rezultatele analitice au fost confirmate de probele efectuate la hidrocentrala Sannders din Ontario.

2. Modul de realizare în R.S.R. a separării automate în caz de avarii grave în SEN a unor centrale electrice cu consumul zonal

Din experiența diferitelor țări, inclusiv țara noastră, în acest domeniu, au rezultat următoarele principii privind realizarea separării automate a unor centrale cu consumul zonal:

1. Criteriul principal de separare automată a centralelor locale cu consumul zonal este scăderea frecvenței. Eșalonarea intervențiilor diverselor acțiuni automate în „insula" separată de restul sistemului energetic, trebuie să se facă după diverse trepte de frecvență și nu la aceeași frecvență și timpi diferiți. Utilizarea controlului „derivatei" frecvenței înainte de separare nu este utilă, deoarece în cadrul sistemului energetic interconectat, datorită existenței unor tranșe mari de consum sacrificabil prin instalațiile de DASF, viteza de scădere a frecvenței după ultima tranșă de DASF, deci înainte de separare, este mică, sub posibilitățile de reglaj ale releelor de derivată a frecvenței cunoscute.

Întrucît „derivata" frecvenței este o mărime proporțională cu dezechilibrul zonei, releele de „derivată" a frecvenței sînt necesare pentru comanda tranșelor de sacrificii care trebuie efectuate după separarea „insulei" de sistem, pentru a echilibra puterea consumată cu puterea produsă.

Soluția optimă pentru separare constă în realizarea unui sistem de însumare a puterilor active produse și consumate în „insulă" pentru determinarea exactă a bilanțului de putere al zonei respective și de efectuare de sacrificii în momentul separării, în vederea reducerii dezechilibrului la valori acceptabile.

Acest lucru presupune însă realizarea unei rețele de teletransmisiuni de mare fiabilitate și utilizarea unor dispozitive sumatoare de putere activă.

2. Pentru eșalonarea diverselor acțiuni automate care trebuie efectuate în „insulă" după separare, acțiuni comandate de relee de frecvență de precizie mărită (cu eroare maximă de $\pm 0{,}03$ Hz), se pot adopta trepte de frecvență de 0,2—0,3 Hz. Se precizează că trepte de frecvență de 0,2—0,3 Hz se pot adopta numai între acționarea unor relee de precizie mărită (de exemplu relee statice, avînd drept element de referință un oscilator cu cuarț și utilizînd o metodă de măsură numerică), dar nu și între acționarea acestora și acționarea unor relee de frecvență obișnuite (2).

3. Reglajul automaticii de separare trebuie astfel stabilit încît să permită acționarea mai întîi a instalațiilor de DASF de sistem și numai dacă acționarea acestora nu reușește să readucă frecvența în sistem la o valoare acceptabilă să se treacă la separarea automată a unor centrale cu consumul zonal.

Pe baza experienței acumulate în decurs de 20 ani de exploatare a instalațiilor de DASF, precum și ca urmare a analizei detaliate efectuate privind comportarea acestora la avaria din 30.06.1978, s-a constatat că actualele relee de frecvență instalate în SE — R.S.R. (relee de fabricație sovietică, RSCS sau ICEMENERG), prezintă în exploatare o imprecizie de $\pm 0{,}2 - 0{,}3$ Hz.

Din acest motiv automatica de separare este reglată cu o treaptă de 0,5 Hz mai jos față de ultima tranșă de DASF de sistem, astfel încît să se asigure selectivitatea necesară între aceste două acțiuni automate.

4. La eșalonarea diverselor acțiuni automate prevăzute după separarea de sistem, se va asigura, în principiu, următoarea succesiune (prin trepte de frecvență):

— separarea automată a centralei (sau a unor grupuri din centrală) pe un consum zonal („insula" mare);

— separarea automată a unor grupuri din centrală pe un consum local ("insula„ mică);

— izolarea automată a unui grup (sau mai multe) din centrală pe consumul serviciilor proprii.

Această succesiune a intervențiilor automate s-a realizat la Govora, Iași, Palas.

5. În afară de criteriul de scădere a frecvenței, pentru inițierea procesului de separare

automată a unor centrale cu consumul zonal a rezultat util în unele cazuri și criteriul de apariție a oscilațiilor de tensiune pe barele centralelor respective (2). Acest lucru se justifică prin faptul că în regimuri instabile ale sistemului energetic (provocate, de exemplu, de scurtcircuite polifazate în rețeaua de 400 kV, eliminate prin protecția de rezervă) există pericolul extinderii avariei prin declanșări neselective de linii și grupuri generatoare, fără ca frecvența să scadă sub 49 Hz, cît timp se mențin în funcțiune interconexiunile internaționale.

Acest criteriu urmează a se aplica, folosindu-se „dispozitive de sesizare a pendulațiilor" (DSP) de fabricație ICEMENERG, pentru insularizarea platformelor Oradea (3), Paroșeni, Palas etc.

6. O serie de particularități prezintă separarea de sistem a centralelor proprii ale unor consumatori industriali (cu grupuri mici, de putere $\leqslant$ 25 MW), care debitează, de regulă, la tensiunea de 6 kV pe barele de la care sînt alimentați consumatorii. În acest caz, din studiile ISPE [4], precum și din experiența acumulată pe plan mondial, a rezultat că pot fi utile și alte criterii de separare, în afară de scăderea frecvenței:

— viteza de variație a frecvenței;

— apariția unor scurtcircuite în rețeaua învecinată de 6 kV, periculoase pentru stabilitatea grupurilor respective și a consumatorilor, sesizate cu ajutorul unor relee maximale de curent direcționate și a unor relee minimale de tensiune (de exemplu la Turnu Măgurele, Săvinești, Suceava);

— controlul dezechilibrului insulei ce se va forma cu ajutorul unor relee direcționate de putere, completate, eventual, cu dispozitive sumatoare de putere activă.

Se menționează că acțiunea de separare automată a unor centrale cu consumul zonal nu înlocuiește obligația consumatorilor care au receptori vitali, de a asigura continuitatea în alimentare a acestora, conform legilor în vigoare.

7. La delimitarea conturului „insulelor" ce urmează a se separa automat, trebuie avute în vedere următoarele considerente:

— după separare, „insula" trebuie să prezinte, de regulă, în majoritatea timpului un dezechilibru de maximum 15—20%;

— pentru evidențierea bilanțului de putere în zonele studiate trebuie trasate curbele clasate ale puterilor în funcțiune, ale puterilor produse medii și ale consumului de putere (5).

La construirea curbelor clasate de putere în funcțiune trebuie să se țină seama de valorile coeficienților medii anuali de reparații ai grupurilor și de probabilitățile de avarie a agregatelor.

Pentru calculul curbelor clasate ale puterilor produse medii trebuie să se țină seama de energia planificată a centralelor respective la fiecare palier de putere, ținîndu-se seama și de restricțiile de combustibil (sau de altă natură).

În „insulele" care cuprind și centrale hidroelectrice trebuie să se țină seama de modul specific de funcționare al acestora într-un an cu hidraulicitate medie.

Se consideră ca o bună aproximare la construirea curbelor clasate ale bilanțului de putere în zonă, împărțirea anului în șase paliere de consum caracteristice: vîrf seara iarna, gol noaptea iarna, vîrf dimineața iarna, vîrf seara vara, gol noaptea vara și vîrf dimineața vara.

În ceea ce privește valoarea consumului în „insulă" trebuie să se aibă în vedere că înainte de separarea zonei au lucrat treptele de DASF de sistem.

Din experiența de exploatare a instalațiilor de DASF de sistem se consideră indicat să se adopte un coeficient de reușită de 60%.

8. În anumite situații poate rezulta necesară prevederea unor instalații de DASF care să acționeze după separarea „insulei" pentru echilibrarea zonei.

9. Întrucît viteza de variație a frecvenței este proporțională cu deficitul „insulei", pentru valori mai mari ale deficitului acesteia, sînt utile relee de „derivată" a frecvenței, care să accelereze acționarea instalațiilor de DASF de după separare, prin anularea temporizării acestora (2).

Se precizează însă că aceste relee nu condiționează punerea în funcțiune a automaticii de insularizare; prezența lor ar avea însă ca efect ameliorarea condițiilor de insularizare. Pînă în prezent în R.S.R. nu s-au instalat astfel de relee.

10. În situațiile în care separarea „insulei" se face cu un excedent mare de putere activă, după separare frecvența în „insulă" va crește mult, putînd apărea pericolul declanșării grupurilor generatoare (prin protecțiile de supraturație), înainte ca regulatoarele de viteză ale acestora să reușească să reducă corespunzător încărcarea turbinelor aferente.

Pentru a se evita acest lucru pe platformele în care pot apărea astfel de situații, trebuie prevăzute relee maximale de frecvență, pentru deconectarea secvențială a generatoarelor, începînd cu grupurile hidro. Pentru astfel de situații trebuie efectuată o analiză detaliată (inclusiv calcule analitice și experimentări pe viu), din care să rezulte modul de corelare a racordării RAV ale grupurilor, protecțiilor de frecvență maximă și acționarea instalațiilor de DASF de după separare.

11. La delimitarea conturului „insulei" ce urmează a se separa automat se va căuta, pe cît posibil, să se reducă la minimum numărul

de elemente și relee cu ajutorul cărora se realizează separarea.

12. În cazul în care separarea automată a „insulei" urmează a se face prin acționarea individuală, separată, a unor întrerupătoare, vor trebui prevăzute în acest scop relee de frecvență precise (cu o eroare maximă de $\pm 0{,}03$ Hz) și cu o mare fiabilitate în exploatare.

13. Pentru centralizarea acțiunii de separare este necesară o rețea de teletransmisiuni cu o mare fiabilitate, precum și dispozitive sumatoare de putere activă.

14. Înainte de a se da în funcțiune automatizările de separare, sistemele de automatizări termomecanice ale blocurilor din termocentralele ce se vor separa automat, se trec în regimul de funcționare „turbina conduce". În perioadele cînd acestea funcționează în regimul „cazanul conduce", automatica de separare a „insulei" respective se scoate din funcțiune.

15. Înainte de a se da în funcțiune automatica de separare, trebuie efectuate probe complexe pe platforma respectivă, cu participarea consumatorilor, pentru a se constata capacitatea instalațiilor de reglaj al vitezei și tensiunii de a prelua dezechilibrul existent în „insulă" în momentul separării acesteia de sistemul energetic, capacitatea regulatoarelor de viteză ale grupurilor de a funcționa în paralel în „insula" separată de sistem, precum și pentru a se urmări comportarea instalațiilor consumatorului în timpul regimurilor tranzitorii care au loc la separare.

Din prelucrarea rezultatelor acestor probe se pot obține constanta de inerție a rețelei respective și coeficientul de autoreglaj al sarcinii, mărimi cu care se poate determina modul de variație a frecvenței în „insulă" după separare, pentru diferite deficite. În acest fel se pot stabili reglajele treptelor de DASF ce urmează a se instala, pentru echilibrarea consumului cu producția, în „insulele" separate.

16. Se prevede semnalizarea în camerele de comandă ale CET și ale principalilor consumatori din „insulă" a regimului de funcționare cu rețeaua electrică a „insulei" separată de restul sistemului energetic.

17. În perioada în care automatica de separare a „insulei" este scoasă din funcțiune, trebuie asigurată cel puțin separarea automată a generatoarelor pe consumul serviciilor proprii (izolarea) pentru grupurile pentru care acest lucru este posibil.

18. Pentru revenirea la situația normală, trebuie prevăzute în stațiile unde urmează să se efectueze această operațiune, dispozitive de control automat al condițiilor de sincronism („automate de punere în paralel").

19. La modificarea configurației rețelei impusă pentru realizarea separării automate a platformei, în situațiile de nerealizare a puterii produse minime pe platformă, precum și în alte cazuri, pot apărea situații în care să fie necesar ca automatica de separare să fie scoasă din funcțiune la dispoziția dispecerului local.

20. În perspectivă, după realizarea centralizării comenzii separării automate a „insulei", se va asigura dublarea (rezerva) acestei comenzi prin prevederea posibilității de acționare a separării prin apăsare pe buton, din același loc de unde se face comanda automată a separării.

Bibliografie

[1] Ștefănescu, V. Z., Minteanschi, B.: *Studiu pentru extinderea automatizărilor de insularizare a platformelor industriale cu criteriile de sesizare a pendulațiilor și cu derivata de frecvență. Platforma Craiova.* ISPE București, 1981.

[2] Gheorghe, O., Ștefănescu, V. Z., Vatră, F., Minteanschi, B.: *Studiul oportunității și modalităților de separare automată în caz de avarii grave în sistemul energetic a unor centrale cu consumul zonal.* ISPE, decembrie 1978.

[3] Gheorghe, O., Minteanschi, B.: *Studiu pentru extinderea automatizărilor de insularizare a platformelor industriale cu criteriile de sesizare a pendulațiilor și cu derivata de frecvență. Platforma Oradea.* ISPE, decembrie 1981.

[4] Crețu, Gh.: *Caracteristicile grupurilor din CET pentru asigurarea cerințelor de continuitate în alimentarea consumatorilor industriali la perturbații exterioare.* Comunicare prezentată la Piatra Neamț, 1981.

[5] Diaconu, Șt.: *Programul „BINOM", ghid de utilizare.* ISPE București, 1980.

[6] Gheorghe, O., Orendi, L.: *Aspecte noi privind separarea automată a unor centrale electrice cu consumul zonal.* ISPE București, 1980.

[7] Bertigny, F., Gaborit, J., Giudicelli, M.: *Dispositions de sauvegarde dans les réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique. Limitation des conséquences d'un incident grave et accélération de la reprise de service.* În: R.G.E., vol. 87, nr. 5, mai 1978.

[8] Lokay, H. E., Burtnyk, V.: *Application of Under-frequency Relays for Automatic Load Shedding.* În: PAS, vol. 87, nr. 3, martie 1968.

[9] Bigelow, R. O., Dandeno, P. L. ș.a.: *Automatic Load Relief Practices in Northeastern United States and Province of Ontario, Canada.* Raport CIGRE 34-06, 1972.

[10] Barzam, A. B.: *Sistemnaia avtomatika.* Ed. „Energhiia", Moscova, 1973.

[11] Dandeno, P., Kundur, Bayne, J.P.: *Hydraulic Unit Dynamic Performance under normal and islanding conditions — analysis and validation.* În: PAS, vol. 97, nov/dec. 1978.

[12] * * * *L'incident de 19 décembre 1978* (grupaj de articole). În: R.G.E., nr. 5, 1980.

(Primit la 5 iulie 1983, acceptat la 21 noiembrie 1983

Optimizarea dimensionării conductelor izolate

Dr. ing. D. Dobrinescu și ing. V. Somoghi*

Introducere

Stabilirea diametrului optim al unei conducte și a grosimii optime a izolației termice a unei conducte calde, efectuate independent, sînt în prezent exemple clasice de optimizare din punct de vedere economic, întîlnite în numeroase lucrări [1—14]. În primul caz, al stabilirii diametrului optim, pentru un debit de fluid dat, cu proprietăți fizice cunoscute, odată cu creșterea diametrului conductei scad viteza fluidului, căderea de presiune, energia consumată pentru pompare și deci cheltuielile anuale de exploatare. Crescînd diametrul conductei, cresc însă costul conductei și cheltuielile anuale de amortizare. În variația cheltuielilor anuale totale, obținute prin însumarea cheltuielilor de exploatare și amortizare, există un minim, căruia îi corespunde diametrul optim, din punct de vedere economic, al conductei. Asemănător, în al doilea caz, pentru o conductă de diametru dat, parametri de transfer de căldură precizați și material izolant admis, odată cu creșterea grosimii izolației scad fluxul termic pierdut și cheltuielile anuale cu căldura pierdută, respectiv cresc consumul de material izolant și cheltuielile anuale de amortizare a izolației termice. Și în acest caz cheltuielile anuale totale prezintă un minim, căruia îi corespunde grosimea optimă a izolației. Pentru diametrele de conductă și pentru materialele izolante utilizate industrial nu este întîlnit, practic, fenomenul de creștere a fluxului termic pierdut, odată cu creșterea grosimii izolației [5]. În general, în cazul grosimii optime economice a izolației, se asigură și temperaturi pe suprafața exterioară a izolației sub limita maximă admisibilă (40°C la conductele interioare și 60°C la conductele exterioare) și căderi de temperatură pentru fluidul din conductă foarte reduse. Toate cheltuielile amintite anterior, parțiale sau totale, prezintă variații continue.

În cadrul acestui articol, avîndu-se în vedere faptul că, în cazul dimensionării unei conducte calde izolate, cheltuielile aferente izolării sînt dependente atît de grosimea izolației, cît și de diametrul conductei, se discută problema dimensionării optime simultane, atît a diametrului conductei, cît și a grosimii izolației. Se va stabili un model matematic general și se va prezenta metoda de rezolvare a acestuia. Modelul matematic general se pretează și la particularizări, ca de exemplu optimizarea independentă a diametrului conductei, optimizarea independentă a grosimii izolației și optimizarea sistemului pentru o grosime a izolației impusă (există norme de izolare a unor conducte calde).

Dimensionarea izolației termice pentru conductele exterioare calde se face obișnuit pentru condiții atmosferice relativ defavorabile, ca de exemplu temperatura atmosferică 0°C și viteza vîntului 5 m/s [6].

În cele ce urmează, se va încerca o simplificare a modului de calcul pentru coeficientul parțial de transfer de căldură exterior, care evită presupunerea și verificarea temperaturii pe suprafața exterioară a izolației, iar cheltuielile cu izolarea termică vor ține seamă atît de costul materialului izolant, cît și de costul materialului de protejare a izolației.

1. Stabilirea modelului matematic

Se prezintă inițial diversele relații de calcul necesare stabilirii modelului matematic, cu unele observații.

Viteza medie de curgere a fluidului prin conductă :

$$w = \frac{m \cdot 4}{\rho \cdot \pi \, d_i^2} = \frac{m \cdot 4}{\rho \cdot \pi \, (d_e - 2\,s)^2}, \qquad (1)$$

în care :

m este debitul masic de fluid ;
ρ — densitatea fluidului ;
s — grosimea peretelui conductei.

Pentru lichidele de viscozitate medie, viteza optimă fiind cu aproximație în jurul valorii 1,5 m/s, poate fi apreciat diametrul conductei, iar pe baza considerentelor mecanice (presiune, temperatură, efecte corosive, calitate oțel) se poate stabili grosimea peretelui conductei.

Căderea de presiune a fluidului în conductă :

$$\Delta p = f \cdot \frac{\rho \, w^2}{2} \cdot \frac{L\,(1 + a)}{d_i}. \qquad (2)$$

Coeficientul $a \approx 0{,}35$ [10] este necesar exprimării lungimii echivalente a conductei și ține seamă de existența căderilor de presiune locale în diversele armături de pe conductă. La conductele izolate termic, temperatura perete-

* Dr. ing. D. Dobrinescu și ing. V. Somoghi sînt cadre didactice la Institutul de petrol și gaze — Ploiești.

lui la interior este foarte apropiată, în majoritatea cazurilor, de temperatura fluidului pe ax și nu este necesară corecția pentru curgere neizotermică.

În majoritatea cazurilor practice, curgerea este turbulentă și coeficientul de frecare poate fi calculat cu relația :

$$f = \frac{0{,}16}{Re^{0{,}16}} \text{ pentru } Re = \frac{d_i \cdot w}{\nu} > 2100, \quad (3)$$

unde :

ν este viscozitatea cinematică a fluidului.

Puterea consumată pentru pomparea fluidului (compensarea căderii de presiune) :

$$P = \frac{\Delta p \cdot m}{\rho \eta}, \quad (4)$$

în care pentru randamentul global al sistemului motor-pompă poate fi admisă valoarea $\eta \approx 0{,}5$ [9, 10].

Cheltuielile anuale cu energia (electrică) de pompare :

$$C_E = P \cdot \tau \cdot c_e, \quad (5)$$

în care :

τ este timpul anual de funcționare a conductei ;

c_e — costul specific al energiei electrice.

Cheltuielile anuale cu amortizarea conductei (fără izolație) :

$$C_{Ac} = c \cdot d_e^{1{,}5} \cdot R_c \cdot L, \quad (6)$$

în care :

$c \cdot d_e^{1{,}5}$ este costul specific (pe unitatea de lungime) al conductei montate, exprimat în funcție de diametrul exterior ;

R_c — rata anuală de amortizare a conductei (inversul numărului de ani în care trebuie recuperată investiția).

În relațiile anterioare, care servesc la stabilirea independentă a diametrului optim al conductei, se va lua ca variabilă valoarea d_e.

Pentru o ușurare a calculelor, a doua variabilă se va considera nu grosimea izolației termice (δ_{iz}), ci diametrul exterior al izolației $D = d_e + 2 \cdot \delta_{iz}$.

Coeficientul global de transfer de căldură între fluidul interior și mediul ambiant, exprimat pe unitatea de lungime a conductei :

$$k_L = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_{iz}} ln \frac{D}{d_e} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}}, \quad (7)$$

în care :

λ_{iz} este conductivitatea termică medie a materialului izolant ;

α_e — coeficientul parțial de transfer de căldură exterior.

În această relație sînt neglijate rezistențele termice pentru fluidul interior (α_i are în general valori mult mai mari decît α_e) și pentru peretele conductei (λ mare și δ mic).

Fluxul termic pierdut către mediul ambiant :

$$Q = k_L \cdot L (1 + b) \cdot (t_i - t_a). \quad (8)$$

Coeficientul $b \approx 0{,}35$ ține seamă de pierderile suplimentare de căldură prin ventile, flanșe și suporturile de susținere a conductei.

Cheltuielile anuale corespunzătoare căldurii pierdute :

$$C_Q = Q \cdot c_q \cdot \tau, \quad (9)$$

în care :

c_q este costul specific al căldurii, acesta fiind funcție de costul specific al combustibilului, de puterea calorică inferioară și de randamentul mediu al cuptoarelor sau cazanelor.

Cheltuielile anuale cu amortizarea izolației termice (materialului izolant) :

$$C_{A\,iz} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_e^2) \cdot L \cdot R_{iz} \cdot c_{iz}, \quad (10)$$

în care :

R_{iz} este rata anuală de amortizare a materialului izolant ;

c_{iz} — costul specific al izolației montate, pe unitatea de volum.

Cheltuielile anuale cu amortizarea materialului de protejare a izolației termice (tablă zincată, carton asfaltat etc.) :

$$C_{Ap} = \pi \cdot D \cdot L \cdot R_p \cdot c_p, \quad (11)$$

în care :

R_p este rata anuală de amortizare corespunzătoare ;

c_p — costul specific al materialului de protejare montat, pe unitatea de arie acoperită.

Cele trei rate anuale de amortizare R_c, R_{iz} și R_p se iau obișnuit egale.

Toate relațiile prezentate anterior sînt omogene din punct de vedere dimensional.

Costurile specifice c_{iz} și c_p se pot scrie sub formele :

$$c_{iz} = (1 + r_{iz}) \cdot c'_{iz},$$

$$c_p = (1 + r_p) \cdot c_p',$$

în care costurile cu indice prim se referă numai la materialele de bază, iar coeficienții $r_{iz} \approx 0{,}2$ și $r_p \approx 0{,}5$ țin seamă de manoperă, materiale auxiliare, întreținere etc. [6].

Cheltuielile anuale totale reprezintă suma tuturor cheltuielilor parțiale :

$$C_T = C_E + C_{Ac} + C_Q + C_{A\,iz} + C_{Ap}. \quad (12)$$

În cazul particular al stabilirii independente a diametrului optim economic al conductei, se iau în considerare numai primii doi termeni :

$$C'_T = C_E + C_{Ac}, \quad (13)$$

iar în cazul stabilirii independente a grosimii optime economice a izolației, se iau în considerare numai ultimii trei termeni :

$$C''_T = C_Q + C_{A\,iz} + C_{Ap}. \quad (14)$$

Pe baza relațiilor anterioare, făcîndu-se înlocuirile corespunzătoare, se poate ajunge la următorul model matematic (expresia lui C_T), care se va utiliza pentru optimizarea dimensionării conductelor calde izolate :

$$C_T = \frac{0{,}16}{2}\cdot\left(\frac{4}{\pi}\right)^{1{,}84}\cdot\frac{\tau\cdot c_e\cdot L(1+a)\,\nu^{0{,}16}\cdot m^{2{,}84}}{\eta\cdot\rho^{1{,}84}\cdot(d_e-2\,s)^{4{,}84}} + c\cdot d_e^{1{,}5}\cdot R_c\cdot L + \frac{\pi\cdot\tau\cdot c_Q\cdot L\,(1+b)\cdot(t_i-t_a)}{\frac{1}{2\,\lambda_{iz}}\cdot\ln\frac{D}{d_e}+\frac{1}{\alpha_e\cdot D}} + \frac{\pi}{4}\,(D^2-d_e^2)\cdot L\cdot R_{iz}\cdot c_{iz} + \pi\cdot D\cdot L\cdot R_p\cdot c_p. \quad (15)$$

În continuare, se prezintă două probleme anexe, una referitoare la modul de calcul al lui α_e și alta necesară justificării modului de apreciere a costului specific al conductei.

Coeficientul parțial de transfer de căldură exterior însumează coeficienții de transfer prin convecție forțată și radiație :

$$\alpha_e = \alpha_c + \alpha_r. \quad (16)$$

Coeficientul de transfer de căldură prin radiație :

$$\alpha_r = \frac{6{,}67\cdot e}{t_p - t_a}\cdot\left[\left(\frac{T_p}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_a}{100}\right)^4\right] \text{ W/m}^2\,^\circ\text{C}. \quad (17)$$

Pentru acoperirea cu tablă zincată, care în exploatare este parțial oxidată și murdară, se poate lua coeficientul de emisie $e = 0{,}8$. Pentru calculul coeficientului de convecție la exteriorul conductei plasate în aer, cu vînt, s-a ales justificat, dintre mai multe relații existente, următoarea relație [5] :

$$\alpha_c = \frac{\lambda}{D}\cdot 0{,}18\left(\frac{D\cdot w}{\nu}\right)^{0{,}62} \text{ pentru } Re \geqslant 10^3. \quad (18)$$

Proprietățile fizice λ și ν aparțin aerului și se iau la temperatura medie (între t_p și t_a), care este cuprinsă între 0 și 20°C. Condițiile atmosferice admise în dimensionarea izolației sînt $t_a = 0^\circ$C și $w = 5$ m/s. Calculele prezentate în continuare se referă la valori $D = 0{,}1 \div 0{,}5$ m ; rezultatele obținute sînt trecute în tabelul 1.

Pentru temperatura peretelui $t_p = 20^\circ$C, valoarea lui α_e este dată de relația :

$$\alpha_e = \frac{12{,}435}{D^{0{,}38}} + 4{,}118 \text{ W/m}^2\,^\circ\text{C} \ (D \text{ în m}). \quad (19)$$

Această relație prezintă avantajul că nu mai sînt necesare presupunerea și verificarea lui t_p. Din tabelul 1 se constată că relația (18) este

Tabelul 1

Coeficienții de transfer de căldură la exteriorul conductei

	$t_p = 1^\circ$C ; $\alpha_r = 3{,}712$ W/m² °C			$t_p = 20^\circ$C ; $\alpha_r = 4{,}118$			$t_p = 40^\circ$C ; $\alpha_r = 4{,}585$		
D, m	Re	α_c, W/m² °C	α_e, W/m² °C	Re	α_c	α_e	Re	α_c	α_e
0,1	37651	30,175	33,887	35311	29,830	33,948	33201	29,627	34,212
0,2	75301	23,187	26,899	70621	22,922	27,040	64401	22,766	27,351
0,3	112952	19,876	23,588	105932	19,649	23,767	99602	19,515	24,100
0,4	150602	17,818	21,530	141243	17,614	21,732	132802	17,494	22,079
0,5	188253	16,369	20,081	176554	16,182	20,300	166003	16,072	20,657

aplicabilă și că rezultatele obținute cu relația (19) pot fi utilizate cu erori foarte mici pentru valori $t_p = 1-40°C$. Influența asupra lui k_L este extrem de redusă, pentru că rezistența termică a stratului izolator este foarte mare. Dacă D are o valoare de aproximativ 0,5 m, se poate lucra cu $\alpha_e = 20{,}3$ W/m² °C constant, eroarea introdusă fiind neglijabilă.

Costul specific al conductei nemontate poate fi exprimat printr-o relație de tipul :

$$c'_e = c'_{25}\left(\frac{d_e}{0{,}025}\right)^n,$$

în care c'_{25} este costul specific al unei țevi cu $d_e = 25$ mm.

Exponentul n poate fi apreciat pe baza considerației că costul specific al conductei este proporțional cu cantitatea de oțel înglobată. Considerîndu-se o țeavă cu $d_e = 273$ mm și grosimea obișnuită a peretelui $s = 8$ mm, respectiv o țeavă cu $d_e = 25$ mm și $s = 2{,}5$ mm, rezultă :

$$\frac{c'_{273}}{c'_{25}} = \frac{27^2 - 25^2}{25^2 - 20^2} = \left(\frac{273}{25}\right)^n \text{ și } n \approx 1{,}5.$$

În continuare se poate scrie :

$$c'_e = \frac{c'_{25}}{0{,}025^{1{,}5}} \cdot d_e^{1{,}5} = c' \cdot d_e^{1{,}5}.$$

Ținîndu-se seama și de armături, suporturi de susținere, manoperă de montaj etc. se scrie în final :

$$c_c = (1 + r_c) \cdot c' \cdot d_e^{1{,}5} = c \cdot d_e^{1{,}5} \text{ lei/m } (d_e, \text{ în m}).$$

Valoarea lui r_c este aproximativ 1,4 [10].

Expresia finală a costului specific al conductei montate a fost utilizată pentru exprimarea cheltuielilor anuale cu amortizarea conductei neizolate.

2. Rezolvarea modelului matematic

Modelul matematic stabilit anterior (relația 15) constituie funcția scop (obiectiv), care este o funcție continuă, fără restricții, de două variabile de decizie. Variabilele sînt diametrul exterior al conductei și diametrul exterior al izolației, care înlocuiește grosimea stratului izolator. Într-o formă generală, această funcție se scrie :

$$C_T = f(d_e \cdot D).$$

Metoda Lagrange permite să se stabilească dacă o funcție de două variabile prezintă un punct de minim și, într-un astfel de caz, să se deducă și valorile variabilelor în punctul de minim [3].

Prin anularea celor două derivate parțiale ale funcției, rezultă sistemul de ecuații :

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_T}{\partial d_e} &= 0 \\ \frac{\partial C_T}{\partial D} &= 0 \end{aligned} \qquad (21)$$

care prin rezolvare permite stabilirea valorilor d_e și D.

În continuare, se stabilesc cele trei criterii Lagrange, definite prin următoarele relații :

$$A = \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 C_T}{\partial d_e^2} \qquad (22)$$

$$B = \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 C_T}{\partial d_e \cdot \partial D} \qquad (23)$$

$$C = \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 C_T}{\partial D^2} \qquad (24)$$

Prin înlocuirile lui d_e și D cu valorile obținute anterior, rezultă valorile numerice ale celor trei criterii.

Dacă se îndeplinesc condițiile :

$$A > 0 \text{ și } A \cdot C > B^2,$$

funcția scop (C_T) prezintă un punct de minim, valorile corespunzătoare pentru d_e și D fiind cele rezultate din rezolvarea sistemului de ecuații.

În figura 1 este redată schema logică de calcul, pentru programarea rezolvării pe calculator a problemei de optimizare discutate, prin metoda Lagrange.

În cazul în care grosimea izolației este impusă, $C_T = f(d_e)$ și rezolvarea problemei este simplă.

Metoda Lagrange se exemplifică în continuare pentru optimizarea dimensionării unui caz concret de conductă caldă izolată.

Exemplul se referă la o conductă cu $L = 100$ m, pentru transportul a $m = 150000$ kg/h apă caldă cu $t_i = 90°C$. La această temperatură apa are $\rho = 965{,}3$ kg/m³, $\nu = 0{,}326 \cdot 10^{-6}$ m²/s și $c = 4{,}21$ kJ/kg °C. Conducta se izolează cu

vată minerală, avînd $\lambda_{iz} = 0{,}07$ W/m°C, protejată cu tablă zincată. Pentru aerul atmosferic se admit $t_a = 0$°C și $w = 5$ m/s. Timpul

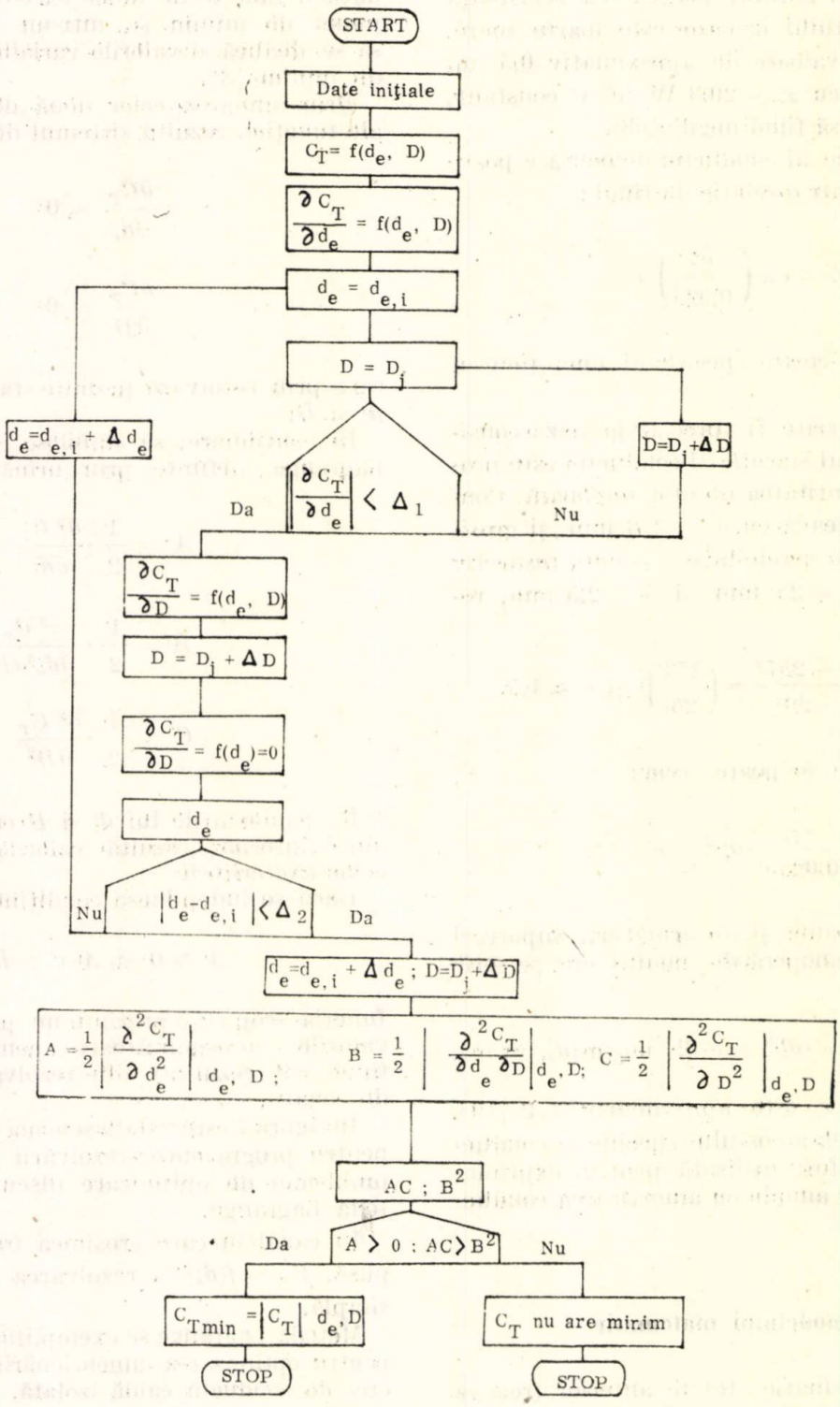


Fig. 1. Schema logică de calcul.

de funcționare a conductei este $\tau = 8000$ h/an. Se admit ratele de amortizare $R_c = R_{iz} = R_p = 0{,}1$ an^{-1} și se iau următoarele costuri specifice: $c_e = 0{,}5$ lei/kWh, $c_q = 30 \cdot 10^{-6}$ lei/kJ, $c_{tz} = 900$ lei/m^3, $c_p = 90$ lei/m^2 și $c_c = c \cdot d_e^{1{,}5} = 18240 \cdot d_e^{1{,}5}$ lei/m. Se estimează grosimea peretelui conductei $s = 7$ mm și coeficientul parțial de transfer de căldură la exterior $\alpha_e = 20{,}3$ W/m^2°C.

Cu valorile numerice anterioare, funcţia scop capătă următoarea formă concretă:

$$C_T = \frac{1{,}5852}{(d_e-0{,}014)^{4{,}84}} + 182400 \cdot d_e^{1{,}5} + \\ + \frac{4617}{\ln\frac{D}{d_e} + \frac{1}{145 \cdot D}} + \\ + 7068{,}6\,(D^2 - d_e^2) + 2827{,}4 \cdot D. \quad (25)$$

Derivatele parţiale ale acestei funcţii, cu care se formează sistemul de ecuaţii, au următoarele expresii:

$$\frac{\partial C_T}{\partial d_e} = -\frac{7{,}6724}{(d_e-0{,}014)^{5{,}84}} + 273600 \cdot d_e^{0{,}5} + \\ + \frac{\frac{4617}{d_e}}{\left(\ln\frac{D}{d_e} + \frac{1}{145 \cdot D}\right)^2} - 14137{,}2 \cdot d_e = 0. \quad (26)$$

$$\frac{\partial C_T}{\partial D} = \frac{\frac{31{,}841}{D^2} - \frac{4617}{D}}{\left(\ln\frac{D}{d_e} + \frac{1}{145 \cdot D}\right)^2} + 14137{,}2 \cdot D + \\ + 2827{,}4 = 0. \quad (27)$$

Criteriile Lagrange, definite anterior, au expresiile:

$$A = \frac{1}{2}\left[\frac{44{,}807}{(d_e-0{,}014)^{6{,}84}} + \frac{136800}{d_e^{0{,}5}} - \frac{\frac{4617}{d_e^2}}{\left(\ln\frac{D}{d_e} + \frac{1}{145 \cdot D}\right)^2} + \frac{\frac{9234}{d_e^2}}{\left(\ln\frac{D}{d_e} + \frac{1}{145 \cdot D}\right)^3} - 14137{,}2\right] \quad (28)$$

$$B = \frac{1}{2}\left[\frac{\frac{9234}{d_e}}{\left(\ln\frac{D}{d_e} + \frac{1}{145 \cdot D}\right)^3} \cdot \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{145 \cdot D^2}\right)\right] \quad (29)$$

$$C = \frac{1}{2}\left[\frac{-\frac{63{,}682}{D^3} + \frac{4617}{D^2}}{\left(\ln\frac{D}{d_e} + \frac{1}{145 \cdot D}\right)^2} - \right.$$

$$\left. - \frac{2\left(\frac{31{,}841}{D^2} - \frac{4617}{D}\right)\left(\frac{1}{D} - \frac{1}{145 \cdot D^2}\right)}{\left(\ln\frac{D}{d_e} + \frac{1}{145 \cdot D}\right)^3} + 14137{,}2\right] \quad (30)$$

Sistemul de ecuaţii (26—27) nu se poate rezolva decît pe cale iterativo-grafică. În relaţia (26), dîndu-se diverse valori lui d_e, s-au stabilit prin încercări succesive valorile corespunzătoare ale lui D şi s-au reţinut următoarele perechi de valori:

d_e, m	0,200	0,199	0,198
D, m	0,550	0,497	0,460

În relaţia (27), dîndu-se diverse valori lui D, s-au stabilit următoarele valori pentru d_e:

D, m	0,550	0,500	0,450
d_e, m	0,230	0,194	0,160

Trasîndu-se într-o diagramă cele două curbe corespunzătoare perechilor de valori stabilite, se citesc la intersecţia acestora valorile care satisfac cele două ecuaţii, $d_e = 0{,}199$ m şi $D = 0{,}507$ m. Cu acestea se obţin în continuare următoarele valori numerice ale criteriilor Lagrange:

$$A = 2524014; \quad B = 52846 \text{ şi } C = 37233.$$

Pentru că $A > 0$ şi $AC = 9{,}39766 \cdot 10^{10} > B^2 = 0{,}27927 \cdot 10^{10}$, funcţia scop C_T admite un minim.

Din aplicarea metodei Lagrange la cazul concret de dimensionare, rezultă că situaţia optimă din punct de vedere economic corespunde lui $d_e = 199$ mm ($d_i = 185$ mm) şi lui $D = 507$ mm ($\delta_{iz} = 154$ mm). Cum practic nu există ţeavă cu $d_e = 199$ mm se va lua un diametru standardizat apropiat. Pentru valorile d_e şi D stabilite, rezultă C_T minim = =29612 lei/an.

Dacă se urmăreşte stabilirea independentă a diametrului optim al conductei, rezultă:

$$C'_T = C_E + C_{Ac} = \frac{1{,}5852}{(d_e-0{,}014)^{4{,}84}} + 182400 \cdot d_e^{1{,}5} \cdot \quad (31)$$

$$\frac{dC'_T}{dd_e} = -\frac{7{,}6724}{(d_e-0{,}014)^{5{,}84}} + 273600 \cdot d_e^{0{,}5} = 0. \quad (32)$$

Din ultima relaţie, prin încercări succesive, se obţine $d_e = 0{,}20435$ m (mai mare decît valoarea anterioară).

Dacă în continuare se urmăreşte stabilirea independentă a grosimii optime a izolaţiei,

rezultă :

$$C_T'' = C_Q + C_{A\,iz} + C_{Ap} =$$

$$= \frac{4617}{\ln \frac{D}{d_e} + \frac{1}{145 \cdot D}} + 7068{,}6\,(D^2 - d_e^2) + 2827{,}4 \cdot D \qquad (33)$$

$$\frac{dC_T''}{dD} = \frac{\partial C_T}{\partial D} = 0 \qquad (27)$$

Din această ultimă ecuație, pentru $d_e = 0{,}20435$ m, se stabilește prin încercări succesive $D = 0{,}51435$ m (mai mare decît valoarea anterioară), respectiv $\delta_{iz} = 155$ mm.

3. Concluzii

În prezenta lucrare, s-a propus o metodă pentru stabilirea simultană a diametrului optimp și a grosimii optime a izolației termice a unei conducte. S-a stabilit un model matematic general (15), a fost prezentată o metodică de simplificare a calculului coeficientului parțial de transfer de căldură exterior și s-a propus rezolvarea modelului matematic prin metoda Lagrange.

Modelul matematic general stabilit se pretează la simplificările clasice de dimensionare optimă independentă a diametrului conductei și a grosimii izolației și permite rezolvarea sa pe calculator, după un program bazat pe schema logică de calcul prezentată.

Dubla optimizare se poate face și prin metoda clasică directă, care este mai sugestivă, prin faptul că sînt puse în evidență variațiile tuturor parametrilor calculați, și mai concretă, prin faptul că se lucrează numai cu diametre standardizate de țevi. În principiu, se presupune o grosime a izolației, se aplică succesiv relațiile de bază și se prezintă tabelar valorile tuturor parametrilor, stabilindu-se valoarea lui d_e pentru care C_T este minim. Urmează să se verifice, pentru d_e obținut, dacă grosimea izolației admisă este optimă (în caz contrar se repetă calculele pentru o altă valoare a lui δ_{iz}). Pentru o valoare dată lui δ_{iz}, pot fi trasate cele șase curbe caracteristice de variație a diverselor cheltuieli anuale (din relația 12), în funcție de diametrul exterior al conductei, curba lui C_T prezentînd un punct de minim.

În cadrul lucrării a fost prezentată o aplicație concretă de optimizare a dimensionării unei conducte calde izolate, rezolvarea efectuîndu-se prin metoda Lagrange. S-a constatat suplimentar că valorile optime din punct de vedere economic pentru d_e și δ_{iz} stabilite independent nu coincid cu valorile corecte stabilite simultan, o diferență mai mare obținîndu-se pentru d_e (204 față de 199 mm).

S-a afirmat anterior că grosimea optimă economică a izolației termice asigură în general o temperatură acceptabilă pe suprafața exterioară a izolației și o cădere de temperatură redusă pentru fluidul din conductă. Concret, pentru cazul analizat, se obțin $t_p = 1{,}29$°C, temperatura atmosferică fiind 0°C, și $\Delta t = 0{,}032$ °C, pentru întreaga lungime a conductei de 100 m.

Trebuie semnalat faptul că rezultatele concrete ale calculelor de optimizare sînt dependente, în destul de mare măsură, de costurile specifice relative ale materialelor și energiei, care variază de la o țară la alta și chiar de la un an la altul și faptul că normele (standardele) actuale de izolare termică a unor conducte calde ar trebui revizuite, pentru că s-ar putea ca ele să nu fie corespunzătoare optimizării economice.

Bibliografie

[1] Abramovitz, J. L. și Cordero, R.: *How to select insulation thickness for hot pipes*; Chem. Eng., nr. 1 , 1975, p. 88.

[2] Bernhart, J. M.: *Economic thickness of thermal insulation*; Chem. Eng. Progr., nr. 8, 1974, p. 50.

[3] Curievici, I.: *Optimizări în industria chimică*; E.D.P., București, 1980.

[4] Curt, R. P.: *A new approach to economic insulation thickness*; Hydr. Proc., nr. 3, 1976, p. 137.

[5] Dobrinescu, D.: *Procese calorice*, vol. 1; IPG, Ploiești, 1980.

[6] Drăghici, N. N.: *Conducte pentru transportul fluidelor*; Ed. Tehnică, București, 1971.

[7] Kabbani, A. S. El: *Estimate insulation thickness*; Hydr. Proc., nr. 3, 1970, p. 145.

[8] Lesdernier, D. L. de și Sommerfeld, J. T.: *Computer program sizes pipe*; Hydr. Proc., nr. 3, 1972, p. 112.

[9] Nolte, C. B.: *Optimum pipe size selection*; Trans. Tech. Publications, S.U.A., 1978.

[10] Peters, M. S., și Timmerhaus, K. D.: *Plant design and economics for chemical engineers*; McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 1980.

[11] Polastri, F.: *Check pipe insulation thickness*, Hydr. Proc., nr. 11, 1971, p. 231.

[12] Smigelschi, O. și Woinaroschy, A.: *Optimizarea proceselor în industria chimică*; Ed. Tehnică, București, 1978.

[13] Tompkins, S. A. și Buche, P. T.: *More insulation thickness can cut costs of energy*; Oil and gas Journal, 3 nov. 1975, p. 52.

[14] Wills, J. S.: *Size vapor piping by computer*; Hydr. Proc., nr. 5, 1970, p. 149.

(Primit la 3 februarie 1983, acceptat la 28 aprilie 1984)

Avantajele energetice ale funcționării cu turație variabilă a grupurilor aerogeneratoare de mare putere

Ing. Cr. Țânțăreanu*

1. De ce turație variabilă?

Pe măsura evoluției preocupărilor ICEMENERG privind promovarea unor tehnologii optime de conversie a energiei vîntului în energie electrică și verificarea acestor tehnologii pe modele experimentale la scară reală, s-au reliefat o serie de probleme-cheie, constructive și funcționale, specifice grupurilor aerogeneratoare de mare putere destinate debitării în sistemul energetic, cum sînt : asigurarea fiabilității constructive a palelor, preluarea solicitărilor aleatoare create de variația vitezei vîntului sau a celor alternante create de rotația rotorului, conducerea centralizată automată, optimizarea energetică a regimului de funcționare într-un amplasament cu caracteristici date ale vîntului ș.a. [1, 2, 3, 4].

O posibilitate de optimizare energetică este menținerea unui randament aerodinamic de conversie ridicat în condițiile în care parametrul esențial al agentului primar — viteza vîntului — variază într-o gamă largă. Urmărirea în funcționare a randamentului maxim al rotorului se poate face prin variația unghiului palei și prin variația turației. Acest ultim aspect, al avantajelor energetice obținute prin variația controlată a turației rotorului, constituie obiectul lucrării de față.

Conceptul de optimizare prin impunerea variabilității turației rotorului (continuu sau în trepte) în funcție de viteza vîntului este cunoscut, ca și numeroasele soluții concrete de echipare care să realizeze acest lucru [5, 6, 7]. După o prezentare succintă a unor elemente teoretice și a soluțiilor tehnice propriuzise, în lucrare se insistă asupra efectelor energetice ale acestora, astfel încît analiza comparativă, făcută pe baza criteriilor energie suplimentar captată și cost să conducă la un răspuns privind oportunitatea lor în cazul aerogeneratoarelor care vor fi puse în funcțiune în țara noastră. Analiza se exemplifică concret pentru aerogeneratorul experimental cu ax orizontal SAG-01 de nivelul de putere 100 kW înscris în programul departamental de cercetări eoliene al M.E.E.

Menționăm că sistemele care permit variația controlată, rapidă și continuă a turației agregatelor cuplate la sistem au, în afara justificării energetice, și alte justificări tehnice [8], printre care cea mai importantă este preluarea elastică a solicitărilor mecanice tranzitorii periculoase ce apar la variațiile bruște (rafale) ale vitezei vîntului. Acest aspect nu face însă obiectul articolului de față.

2. Considerații privind coeficientul de putere

Se știe că C_p — coeficientul de putere (care include și randamentul de conversie aerodinamică) al unei turbine eoliene — depinde de raportul între viteza de rotație și viteza vîntului și prezintă un maxim pentru o anumită valoare a raportului. Folosim ca exemplificare figura 1, care arată atît caracteristica rotorului aerogeneratorului GROWIAN de 3 MW [9], cît și cea prezumată la rotorul aerogeneratorului SAG-01.

Pentru menținerea punctului de funcționare pe maximul caracteristicii (la un unghi pală deja optimizat) se impune o variație liniară a turației în funcție de viteza vîntului, astfel încît raportul lor, λ, să rămînă în apropierea valorii optime pentru o plajă cît mai largă de variație a vitezei vîntului în domeniul I de funcționare definit între viteza V_d (la care se face conectarea la sistem) și viteza nominală V_n (la care se atinge puterea nominală). Această legitate este urmărită de sistemele cu turație variabilă.

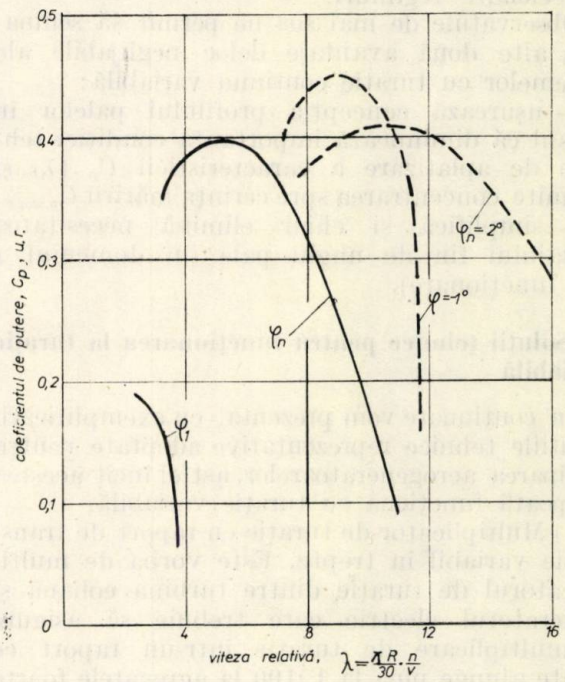


Fig. 1. Caracteristica rotorului : —— aerogeneratorul SAG—01 (100 kW) ICEMENERG ; — — — aerogeneratorul Growian I (3 MW) R.F.G.

* Ing. Cristian Țânțăreanu este cercetător științific principal la ICEMENERG.

La agregatele funcționînd cu turație constantă coeficientul de putere poate atinge valoarea maximă numai pentru un singur regim de vînt (de regulă se alege viteza nominală).

Deci în domeniul *I* de funcționare se urmărește captarea la axul rotorului a unei puteri cît mai mari la o viteză dată a vîntului, prin maximizarea coeficientului de putere din relația

$$P = \text{const} \times C_p(\lambda) \times V^3.$$

Pentru viteze ale vîntului mai mari decît viteza nominală, pînă la viteza maximă admisă de funcționare, V_{max} (domeniul II de funcționare) nu se mai pune problema de maximizare a lui C_p, ci din contra, prin modificarea unghiului palelor acesta este diminuat în mod controlat, astfel încît puterea captată să se limiteze la valoarea nominală.

La sistemele cu turație constantă condiția menținerii lui C_p la valori ridicate în întreg domeniul *I* conduce la realizarea unor profile pretențioase de pale, la un reglaj fin al unghiului palelor și/sau la acceptarea unui compromis, în sensul renunțării la valori maxime ridicate ale coeficientului, dacă acest lucru este în dauna alurii aplatizate a caracteristicii. De exemplu, în cazul aerogeneratorului GROWIAN I, care are un sistem de variație a turației în limite restrînse, destinat preluării rafalelor și nu optimizării energetice, regimurile normale de funcționare se realizează la unghiul palei $\varphi=2°$, deși o poziționare de $\varphi=-1°$ ar fi oferit în regimurile apropiate de nominal un randament de conversie mai mare (de la 0,41 la 0,45); în schimb, randamentul scade brusc în celelalte regimuri.

Observațiile de mai sus ne permit să semnalăm alte două avantaje deloc neglijabile ale sistemelor cu turație continuu variabilă:

— ușurează concepția profilului palelor în sensul că diminuează importanța condiției tehnice de aplatizare a caracteristicii C_p (λ) și permite concentrarea spre cerința măririi $C_{p\,max}$;

— simplifică și chiar elimină necesitatea reglajului fin de unghi pale (în domeniul *I* de funcționare).

3. Soluții tehnice pentru funcționarea la turație variabilă

În continuare vom prezenta, cu exemplificări, soluțiile tehnice reprezentative adoptate pentru echiparea aerogeneratoarelor, astfel încît acestea să poată funcționa cu turație variabilă.

a) Multiplicator de turație cu raport de transmisie variabil în trepte. Este vorba de multiplicatorul de turație dintre turbina eoliană și generatorul electric care trebuie să asigure o multiplicare de turație într-un raport ce poate ajunge pînă la 1 :100 la agregatele foarte mari. Acest echipament presupune stăpînirea unei tehnologii de vîrf în domeniu, avînd în vedere puterea unitară și necesitatea unei comutări automate, „din mers".

Soluția (în două trepte ce pot fi comutate automat în rotație) a fost reținută pentru aerogeneratorul MOD 5A (S.U.A.) de 6 MW, ce se prevede să fie pus în funcțiune în 1985.

b) Transmisie pompă-motor hidraulic. Ansamblul pompă-motor hidraulic se intercalează în axul cinematic de forță. Este, de asemenea, o soluție pretențioasă pentru puteri mari. Aerogeneratorul Bendix Schachle de 3 MW aflat în exploatare experimentală în S.U.A. din 1981 are un astfel de sistem. În acest caz transmisia hidraulică a fost adoptată în principal pentru a permite amplasarea la sol a generatorului. Aerogeneratorul ICEMENERG AM—20 de 20 kW a funcționat de asemenea cu o transmisie pompă-motor hidraulic, ce reglează turația în gamă largă. Randamentul maxim al subansamblurilor hidraulice este de circa 0,85 și coboară sensibil pentru alte regimuri decît cel optim.

c) Generator electric cu mai multe turații. Este o soluție echivalentă funcțional cu cea a multiplicatorului cu raport variabil în trepte. Prin schimbarea unor conexiuni numărul de poli se modifică și în consecință și turația de sincronism.

Aerogeneratorul 29/33/D de 340 kW produs de o firmă daneză este astfel echipat cu un generator asincron cu turațiile de sincronism 1500 și 750 rot/min.

Ca o subvariantă se utilizează echiparea cu două generatoare. În afara simplității soluției se obține îmbunătățirea randamentului de conversie electromecanică la încărcări mici.

d) Convertizor de frecvență la bornele generatorului. Convertizorul de frecvență la bornele generatorului reprezintă soluția „radicală", dar relativ complicată. Turbina poate avea o turație continuu variabilă în toată gama de funcționare și agregatul se bucură de o mare versatilitate funcțională, sistemul de turație variabilă putînd prelua și alte funcții, cum sînt: demarajul turbinei, conectarea la sistem, frînarea de avarie cu recuperare, reglajul factorului de putere etc. Evoluția favorabilă a costurilor și fiabilității componentelor electronice face ca soluția să apară interesantă, mai ales centralizată în cadrul unei centrale electrice.

Firma Brown Boveri livrează deja o gamă largă de echipament adaptat funcțiunilor unui agregat aerogenerator de orice putere. Instalația GROWIAN II de 5 MW aflată în faza de proiectare este astfel echipată.

e) Generator asincron cu dublă alimentare. Generatorul este alimentat pe partea înfășurării rotorice cu o tensiune de frecvență, fază și amplitudine variabilă, controlată astfel încît se obține reglajul turației și al factorului de putere. Datorită caracteristicilor sale mașina

cu dublă alimentare îmbină în același timp însușirile de mașină sincronă și asincronă, fapt pentru care se mai numește mașina sincronă asincronizată.

Aplicațiile sînt convenabile într-o gamă mică de variație a turației (de obicei pînă la $\pm 20\%$ din turația de sincronism, utilizînd în circuitul rotoric un cicloconvertor. Așa cum s-a amintit aerogeneratorul GROWIAN I are un generator asincron cu dublă alimentare. De asemenea sistemul este prevăzut la aerogeneratorul MOD5B de 7 MW.

f) Generator sincron cu tensiune de excitație modulată cu frecvență constantă. Frecvența înaltă (în jur de 1 kHz) variabilă a mărimilor statorice este modulată prin alimentarea înfășurării de excitație la frecvența rețelei. Prin redresare și filtrare se obține frecvența rețelei [10]. Soluția cere o mașină electrică specială, neconvenabilă la puteri mari.

g) Generator asincron cu cascadă sub și/sau suprasincronă. Reglajul turației generatorului asincron (pînă la de două ori turația de sincronism) se face prin introducerea în circuitul rotoric bobinat a t.e.m. suplimentare, furnizate de un convertizor de frecvență static. Reamintim că la cascada suprasincronă instalația debitează putere atît la bornele generatorului, cît și prin circuitul rotoric. Puterea debitată totală față de cea vehiculată prin stator se află în aceeași proporție ca și turația de funcționare față de turația de sincronism. La limită, deci la turație dublă celei sincrone, puterea debitată în sistem prin circuitul rotoric poate fi egală cu cea statorică. Generatorul de 1200 kW al grupului GROWIAN 60 beneficiază de un reglaj în cascadă suprasincronă în gama 1500 ... 1950 rot/min.

În vederea echipării aerogeneratoarelor din seria SAG, în afara analizei performanțelor tehnico-economice ale variantelor de mai sus, s-a ținut cont și de premisa accesibilității componentelor cu minime adaptări din producția indigenă de serie. Această analiză (vezi și [11, 12]) a condus în final la opțiunea pentru soluția cu generator asincron cu cascadă suprasincronă utilizînd un convertizor cu circuit intermediar de curent continuu, opțiune confirmată și argumentată și de studiile făcute în acest scop în 1981 de I.P. „Tr. Vuia" Timișoara, facultatea Electrotehnică. Ca o variantă simplificată se reține și soluția cu generator asincron cu două turații (sau două generatoare), iar soluția cu convertizor de frecvență la borne se va investiga în viitorul apropiat, odată cu asigurarea componentelor electronice de serie de putere corespunzătoare.

Variantele de echipare selecționate preliminar pentru aerogeneratoarele SAG sînt sintetizate în tabelul 1.

Tabelul 1

Variante posibile de echipare cu sisteme de reglaj al turației la aerogeneratorul SAG

Variantă echipare	Denumire	Echipament principal	Putere, kW	Turație, rot/min
1	Fără reglaj (de referință)	Generator asincron GAS tip MIB	120	1500
2	Două turații	GAS tip MIB GAS tip MIB	120 60	1500 1000
3	Cascadă suprasincronă +30%	GAS tip MIP convertizor[2] cu anexe (transformator adaptare, filtru armonici)	98 30	1500...1950
4	Convertizor la borne	GAS tip MIB convertizor cu anexe	120 120	500...1500

[1] Toate generatoarele asincrone sînt adaptate din producția de motoare de serie a IEPC și ITMF.
[2] Din seria CCTR — Electrotehnica.

4. Estimări energetice și economice

Aerogeneratorul SAG-01 în varianta avută în vedere la data elaborării articolului, este dimensionat astfel încît la viteza vîntului nominală de 15 m/s să producă la borne puterea de 120 kW. Alte premise de calcul le constituie caracteristica $C_p(\lambda)$ dată a rotorului (fig. 1) și curba de repartiție a vitezei vîntului în amplasament montan înalt. Regimul nominal al rotorului se definește în punctul de maxim al caracteristicii $C_p(\lambda)$. Randamentele celorlalte subansambluri se consideră conform caracteristicilor lor cunoscute, în funcție de putere și turație.

Pentru calculele energetice generale s-au considerat datele medii multianuale de la stațiile meteorologice de creastă din Carpații Occidentali, definindu-se o curbă tipică de repartiție a vitezei vîntului într-un amplasament montan înalt din România* (fig. 2).

Caracteristicile funcționale care indică variația coeficientului de putere și a turației generatorului electric în funcție de viteza vîntului în cazul aerogeneratorului SAG-01, sînt prezentate în figurile 3 și 4.

Diagrama din figura 4 corespunde și variației turației rotorului cu excepția caracteristicii 3, care trebuie translatată în poziția 3′, deoarece în această variantă de echipare se alege un alt raport (mai ridicat) de multiplicare al

* Caracteristica, determinată experimental, a fost apoi identificată cu o lege de distribuție Weibull: $F(v) = 1 - \exp[-(v/c)^k]$, cu parametrul de scală $c = 10$ m/s și parametrul de formă $k = 1{,}35$.

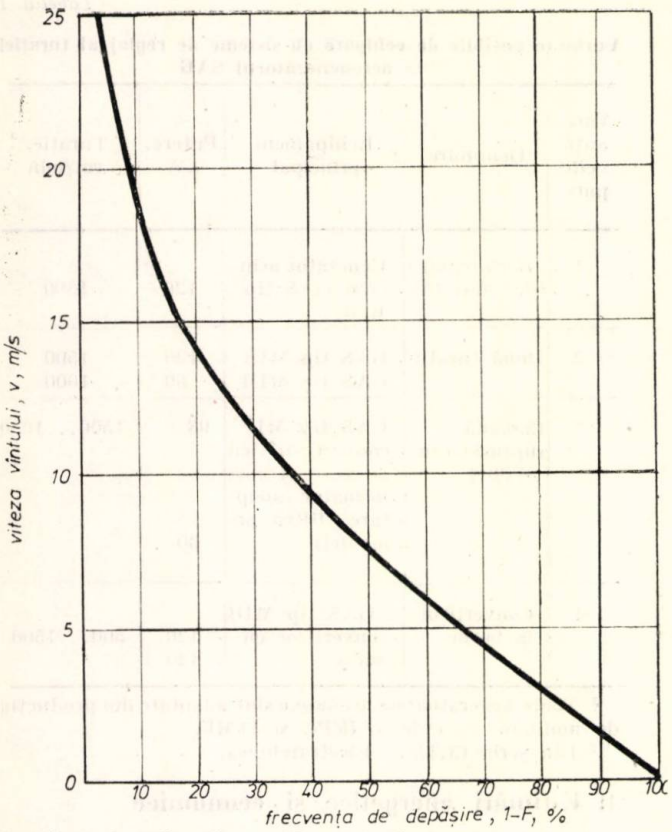


Fig. 2. Curba clasată anuală „tipică" a vitezei vîntului într-un amplasament montan înalt din România.

multiplicatorului de turație aflat între turbină și generator, astfel ca regimul nominal al rotorului să rămînă neschimbat.

Diagrama de principiu din figura 5 permite aprecierea comparativă a caracteristicii P-V în domeniul I pentru cele patru variante de echipare. Îmbunătățirea randamentului aerodinamic și deci a puterii captate de rotor este evidentă pentru viteze mici ale vîntului (6—10 m/s) și deci pentru încărcări reduse. În schimb durata mare de funcționare contrabalansează în calculul energiei livrate acest aspect aparent descurajator. Rezultatele calculelor energetice făcute pe baza datelor putere debitată, viteză vînt și durate anuale pe trepte de viteză se prezintă în tabelul 2.

Tabelul 2

Energia livrată și duratele de funcționare ale aerogeneratorului SAG în funcție de varianta de echipare

Variantă echipare	Energie livrată anual,		Durata de funcționare anuală,		Puterea medie de funcționare, kW
	MWh	u.r.	ore	u.r.	
1	151,9	1,00	4065	1,00	37,4
2	168,5	1,11	4882	1,20	34,5
3	171,5	1,13	4661	1,14	36,8
4	177,1	1,16	5382	1,32	32,9

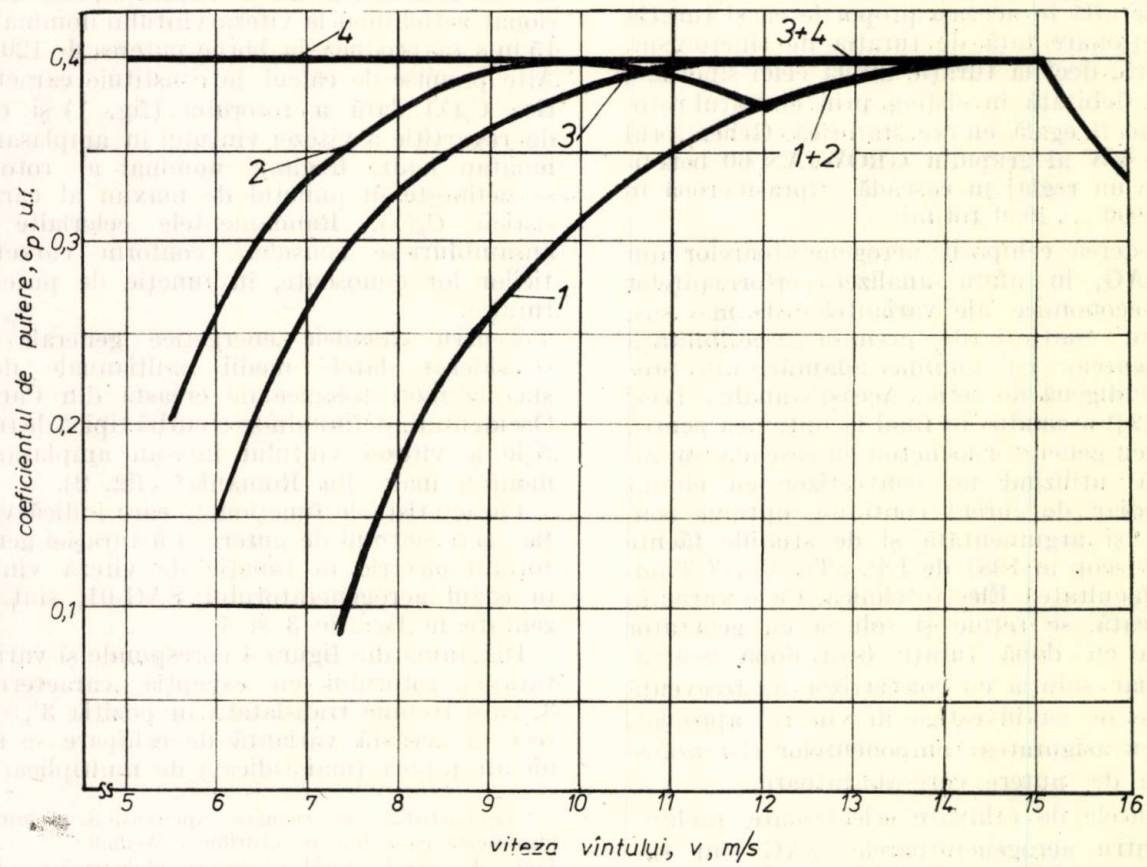


Fig. 3. Variația coeficientului de putere al rotorului aerogeneratorului SAG—01 în funcție de viteza vîntului pentru diverse variante de echipare cu sisteme de turație variabilă.

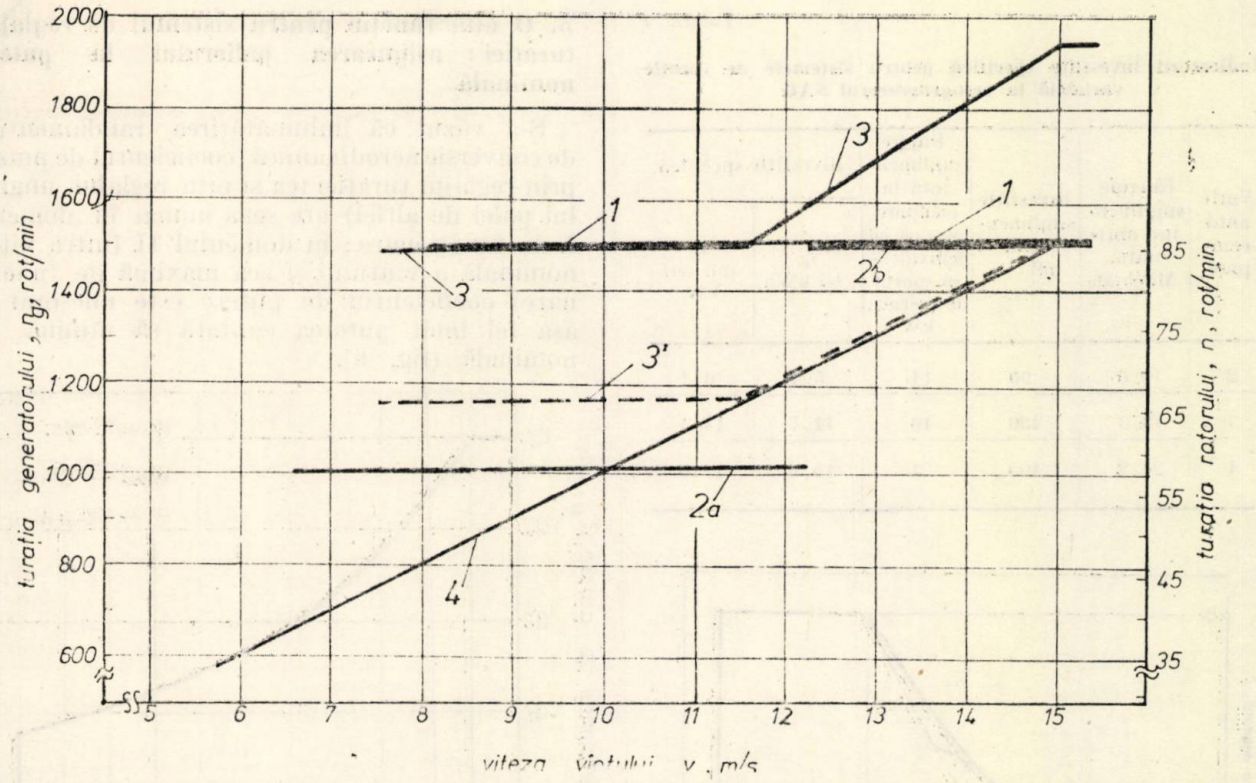


Fig. 4. Variația turației generatorului electric la aerogeneratorul SAG—01 în funcție de viteza vîntului pentru diverse variante de echipare.

Tabelul 3

Avantajele energetice ale echipării cu un sistem de turație variabilă a aerogeneratoarelor MOD 2 de 2,5 MW din centrala GOLDENDALE — S.U.A.

Variantă echipare	Domeniul de funcționare	Energie produsă,		Durata funcționare,	
		MWh	u.r.	ore	u.r.
Turație constantă (echipare în în prezent)	pentru întreg domeniul de funcționare	469	1,00	352	1,00
	pentru vînturi mici ⩽(8,9 m/s)	102	1,00	143	1,00
Turație variabilă ±20%, cu generator asincron cu dublă alimentare (echipare preconizată)	pentru întreg domeniul de funcționare	536	1,14	642	1,82
	pentru vînturi mici	150	1,47	433	3,03

Pentru comparație se prezintă în tabelul 3, din [13], avantajele energetice ale utilizării unui sistem cu turație variabilă la aerogeneratoarele MOD 2 de 2,5 MW ce funcționează în centrala Goldendale — S.U.A. Datele se referă la o perioadă concretă de funcționare.

Principalii coeficienți energetici și economici privind variantele de echipare la nivel industrial a aerogeneratorului tip SAG sînt prezentați în tabelul 4.

Comparînd cu valorile limită din PE 011/82, indicatorul investiție specifică în unitatea de cantitate de energie economisită anual (lei/kWh) este avantajos pentru variantele de echipare 2 și 3 și se află la limită pentru varianta 4, iar din punctul de vedere al investiției specifice — mii lei/kWi — (un indicator de altfel greu de „suportat" de echipamentele ce valorifică energiile neconvenționale în această etapă de început), numai varianta 2 de echipare este competitivă cu valoarea de 8 000 — 9 000 lei/kWi asimilată de la microcentralele Diesel. De menționat că odată cu creșterea puterii unitare a grupurilor indicatorii economici se vor îmbunătăți substanțial*.

Concluzia considerațiilor de mai sus este că sistemele cu turație variabilă aduc avantaje energetice notabile. Variantele de echipare mai sofisticate ce asigură variația continuă și rapidă a turației se justifică dacă îndeplinesc pe lîngă

* De exemplu pentru un invertor tip CCTR—Electrotehnica — un echipament principal al sistemelor cu reglaj continuu al turației — costul crește în plaja de puteri fabricată în prezent (35...160 kW) cu numai 30%.

Tabelul 4

Indicatorii investiție specifică pentru sistemele de turație variabilă la aerogeneratorul SAG

Variantă echipare	Energie suplimentar obținută, MWh/an	Investiție suplimentară, mii lei	Putere suplimentară în echipare clasică ce echivalează sporul de energie, kW	Investiție specifică	
				i_e, lei/kWh	i, mii lei/kW
2	16,6	90	14	5,4	6,4
3	19,6	230	16	11,7	14,3
4	25,2	400	21	15,6	19,0

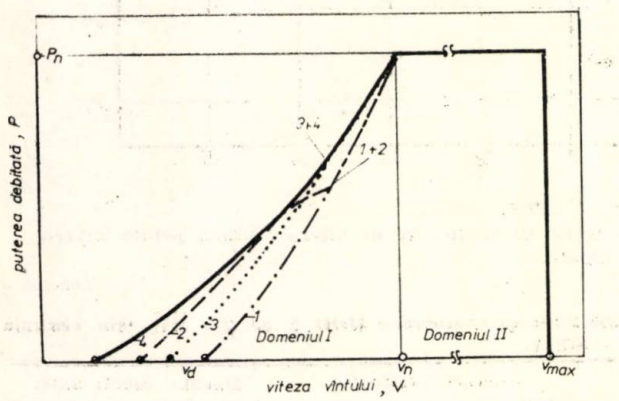


Fig. 5. Caracteristica putere debitată-viteza vîntului a unui aerogenerator în diverse variante de echipare: 1 — turație constantă; 2 — două turații (generator cu două turații); 3 — reglaj continuu de turație în plajă limitată (cascadă suprasincronă la generator asincron); 4 — reglaj continuu de turație în plajă largă (convertizor de frecvență la bornele generatorului electric).

funcția de optimizare energetică și alte funcții, și în primul rînd preluarea solicitărilor mecanice aleatoare date de variația vitezei vîntului.

Faptul că avantajele energetice fac competitive sistemele cu turație variabilă a rezultat și în urma studiilor făcute în cadrul programului MOD (S.U.A.), ca și în cadrul programului GROWIAN (R.F.G.). În [8] de exemplu se precizează că pentru durata de viață de 30 de ani a principalelor subansambluri ale unui aerogenerator de mare putere și o putere medie furnizată de 25—40% din P_{nom}, raportul cheltuieli/cîștig este deja echilibrat dacă se obține un plus de energie de 3—3,6%.

Concret, pentru echiparea aerogeneratorului SAG-01, avînd în vedere caracterul experimental al acestuia, s-a optat pentru varianta 3, cu generator asincron de tip MIP 2 315 S 80—4—120 kW, special consolidat pentru a suporta supraturațiile de 30% cerute de funcționarea în cascadă suprasincronă.

5. O altă funcție pentru sistemul de reglaj al turației: asigurarea palierului la puterea nominală

S-a văzut că îmbunătățirea randamentului de conversie aerodinamică (coeficientul de putere) prin reglajul turației (ca și prin reglajul unghiului palei de altfel) are sens numai în domeniul I de funcționare; în domeniul II (între viteza nominală a vîntului și cea maximă de funcționare) coeficientul de putere este micșorat în așa fel încît puterea captată să rămînă cea nominală (fig. 6).

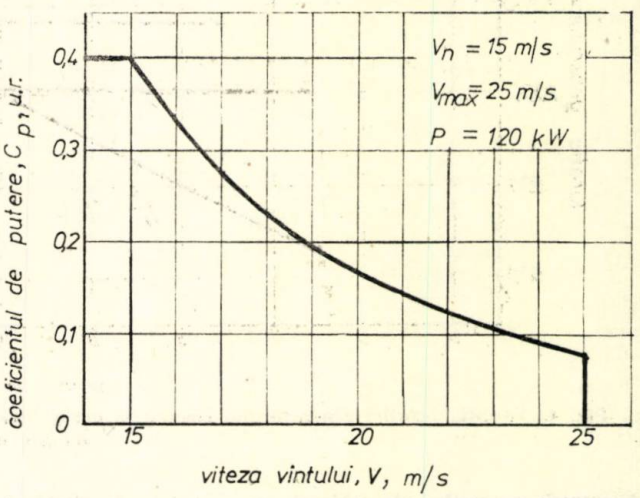


Fig. 6. Limitarea puterii captate de aerogeneratorul SAG—01 la valoarea nominală, prin micșorarea coeficientului de putere al rotorului eolian.

Micșorarea controlată a coeficientului de putere se face prin schimbarea unghiului palei. Din datele cunoscute se constată că unghiul palelor trebuie schimbat, în domeniul palierului, cu 1...2 grade pentru fiecare variație de 1 m/s a vitezei vîntului. Este evident că menținerea cît mai exactă a palierului impune sistemului de reglaj și poziționare a unghiului palei condiții de viteză și precizie sporită.

Sistemul de turație continuu variabilă, după o lege de funcționare specifică, poate ajuta sistemul de reglaj al unghiului în sensul că alături de acesta să asigure rapid și exact valoarea necesară a coeficientului de putere. Astfel condițiile tehnice impuse sistemului de reglaj unghi se ușurează. Menținerea puterii nominale numai prin reglajul continuu al turației se face într-o plajă cu atît mai mare cu cît caracteristica $C_p(\lambda)$ pentru un anumit unghi pală este mai căzătoare și, bineînțeles, cu cît variația turației este mai mare. Generatorul electric va fi dimensionat astfel încît statorul să acopere integral puterea nominală a agregatului.

În acest fel este posibil ca numai cu cîteva schimbări în trepte ale unghiului palei să se asigure întreg palierul de putere.

De exemplu, dacă palele SAG-01 se poziționează la unghiul φ_1 la care corespunde caracteristica din figura 1, prin reglajul turației

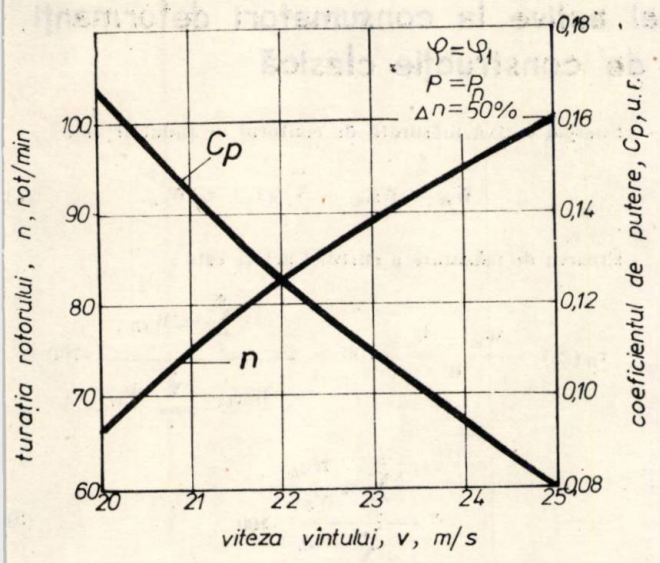


Fig. 7. Asigurarea palierului de putere nominală pentru o anumită poziție fixă a unghiului palei prin variația turației în funcție de viteza vîntului. Exemplu de calcul pentru aerogeneratorul SAG—01.

în gama (1...1,5) *ns* se poate asigura palierul de putere în plaja de viteze ale vîntului 20... 25 m/s fără a se modifica unghiul φ_1 al palei (fig. 7).

6. Concluzii

1. Prin funcționarea cu turație variabilă a grupurilor aerogeneratoare de mare putere randamentul de conversie aerodinamică se îmbunătățește, conducînd la sporuri de energie notabile. Calculele efectuate în cazul aerogeneratorului ICEMENERG SAG-01 ce urmează să se amplaseze în zona montană înaltă indică un spor de energie anual de cel puțin 10%.

2. Dacă sistemul de turație variabilă este destinat numai pentru optimizarea energetică se justifică economic o variantă simplificată de variație în trepte a turației. Soluția convenabilă este echiparea cu două generatoare de turații diferite (sau un generator cu două turații).

3. Sistemele ce asigură pe partea electrică variația rapidă și continuă a turației grupului sînt competitive numai dacă pe lîngă optimizarea energetică preiau și alte funcții, printre care cea mai importantă este limitarea și uniformizarea solicitărilor mecanice în echipament.

4. Optimizarea puterii captate de turbina eoliană în domeniul de funcționare pînă la viteza nominală a vîntului și limitarea puterii în domeniul de funcționare la viteze superioare ale vîntului prin variația rapidă și continuă a turației grupului permit reducerea exigențelor tehnice cerute sistemului de reglaj unghi pale.

Bibliografie

[1] Voicu, Gh., Tânțăreanu, Cr., Vlad, V., Tudor, M.: *Opțiuni și perspective ale utilizării forței vîntului în scopul producerii energiei electrice.* In: Energetica, 31, nr. 7—8/1983, p. 345—356.

[2] Powell, R.: *An analytical expresion for the average output power of a wind machine.* In: Solar Energy, vol. 26, nr. 1, 1981, pag. 77—80.

[3] Johnson, G. L.: *Economic design of wind electric systems.* In: IEE—PAS, 97, nr. 2, martie-aprilie, 1978 p. 554—562.

[4] Haslett, J., Kelledy, E.: *A note on the use of the models in the estimation of wind power availability.* In: Wind Engineering, vol. 5, nr. 1, 1981, p. 6—9.

[5] Van Leuven, J.: *Wind energy conversion systems.* In: Electronics Power, octombrie, 1981, p. 742—743.

[6] Andersen, T. S. ș.a.: *Multiple and variable speed electrical generator systems for large wind turbines.* In: Large horizontal-axis turbine workshop, Cleveland, Ohio, iulie, 1981.

[7] Steinfelds, M., Ecklebe, P.: *Mit Direktumrichter gespeiste Drehstromantriebe für den industriellen Einsatz in einem weiten Leistungsbereich.* In: Elektrie, nr. 5, 1980, p. 238—240.

[8] Schweickardt, H., Suchanek, V.: *Systemes d'alternateur syncrone a convertisseur statique pour centrales eoliennes.* In: BBR, nr. 3, 1982, p. 57—64.

[9] Hau, E.: *Design of Growian large wind energy converter.* In: Modern Power Systems, decembrie, 1981, p. 26—31.

[10] Ramakumar, R.: *Wind electric conversion utilizing field modulated generator systems,* Solar Energy, vol. 20, nr. 2, 1978, p. 109—117.

[11] Budișan, N. ș.a.: *Caracteristici de funcționare în agregatele aeroelectrice în regimuri suprasincrone și/sau subsincrone, a generatoarelor asincrone cu reglarea automată a factorului de putere și a turației.* In: Electrotehnica, Electronica și Automatica, E, nr. 8, 1982, p. 338—341.

[12] Budișan, N.: *Sistem de conversie a energiei mecanice la turație variabilă în energie electrică de frecvență constantă cu generator asincron pentru centrale eoliene și alte centrale neconvenționale.* In: Electrotehnica, Electronica și Automatica, E, nr. 6, 1982, p. 229—234.

[13] Douglas, R. R.: *Conceptual design of the 7 MW MOD — 5 B wind turbine generator.* In: Large horizontal-axis turbine workshop, Cleveland, Ohio, iulie 1981.

(Primit la 7 iunie 1983, acceptat la 19 august 1983)

Semnul erorii de măsurare a energiei active la consumatori deformanți cu contor de inducție de construcție clasică

În cele ce urmează este prezentată o demonstrație elementară a semnului erorii de măsurare a energiei active la consumatori deformanți cu contor de inducție de construcție clasică.

În ipoteză se consideră cunoscute următoarele două observații dintre cele prezentate în [1] ÷ [23], și anume :

1. Un contor de inducție de construcție clasică reglat la eroare zero pentru frecvența de 50 Hz va prezenta întotdeauna o eroare negativă ε_ν cu creșterea frecvenței, așa cum se vede în figura 1.

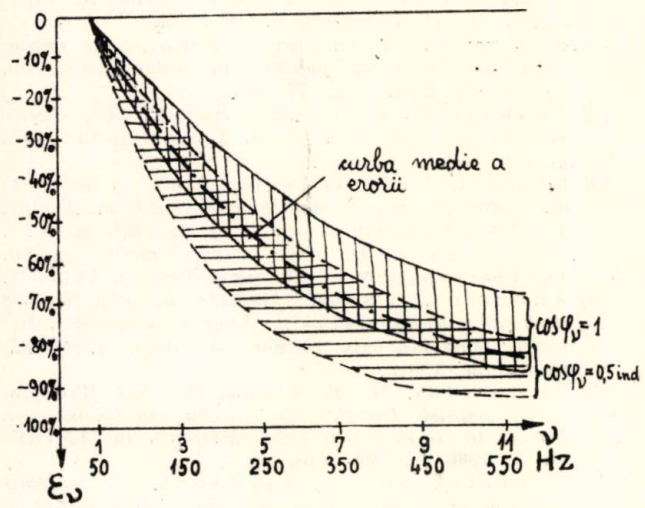


Fig. 1.

2. Fluxurile de energie activă de 50 Hz (fundamentală) și armonică au circulația din figura 2.

Energia activă utilizată de consumator este :

$$W = W_{50R} + \sum_2^\infty W_{\nu R} = W_{50C} - \sum_2^\infty W_{\nu L}. \qquad (1)$$

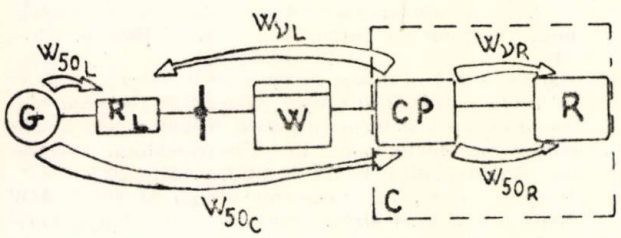


Fig. 2. Circulația fluxurilor de energie activă la 50 Hz (fundamentală) și armonică, în care : G — generator de energie activă (și reactivă) 50 Hz; R_L — componenta rezistivă a rețelei (dintre generator și consumator); W — contor de inducție de energie activă 50 Hz; C — consumator, CP — convertor de putere; R — componenta rezistivă a consumatorului; W_{50L} — energia activă 50 Hz livrată de generator rețelei; W_{50C} — energie activă 50Hz livrată de generator consumatorului; W_{50R} — energia activă 50 Hz livrată de convertorul de putere componentei rezistive a consumatorului; $W_{\nu R}$ — energia activă armonică livrată de convertorul de putere componentei rezistive a consumatorului; $W_{\nu R}$ — energia activă armonică trimisă de convertorul de putere în rețea.

Energia activă măsurată de contorul de inducție este :

$$W_m = W_{50C} - \sum_2^\infty (1 + \varepsilon_\nu) W_{\nu L}. \qquad (2)$$

Eroarea de măsurare a energiei active este :

$$\varepsilon_W(\%) = \frac{W_m - W}{W} \cdot 100 = \frac{-\sum_2^\infty \varepsilon_\nu W_{\nu L}}{W_{50C} - \sum_2^\infty W_{\nu L}} \cdot 100 =$$

$$= \frac{-\sum_2^\infty \varepsilon_\nu \frac{W_{\nu L}}{W_{50C}}}{1 - \sum_2^\infty \frac{W_{\nu L}}{W_{50C}}} \cdot 100. \qquad (3)$$

Deoarece în practică

$$\sum_2^\infty \frac{W_{\nu L}}{W_{50C}} \ll 1, \qquad (4)$$

rezultă forma simplificată a erorii :

$$\varepsilon_W(\%) = -\sum_2^\infty \varepsilon_\nu \frac{W_{\nu L}}{W_{50C}} \cdot 100 = \sum_2^\infty \left(-\varepsilon_\nu \frac{W_{\nu L}}{W_{50C}}\right) \cdot 100, \qquad (5$$

unde :

ε_ν este întotdeauna negativă (prin construcția contorului);

W_{50C} este întotdeauna pozitivă, fiind energie efectiv consumată;

$W_{\nu L} = \int_0^t U_{\nu L}\, I_{\nu L} \cos \varphi_{\nu L}\, dt$ este întotdeauna pozitivă deoarece

$$\varphi_{\nu L} \in \left(-\frac{\pi}{2}, +\frac{\pi}{2}\right).$$

Domeniul de variație a unghiului $\varphi_{\nu L}$ rezultă imediat știind că el este determinat de elementele constitutive ale rețelei considerate, rețea ce poate fi echivalată cu un circuit RLC serie, adică :

$$\varphi_{\nu L} = \operatorname{arctg} \frac{\nu\omega L_L - \frac{1}{\nu\omega C_L}}{R_L}. \qquad (6$$

După cum se cunoaște din analiza matematică, funcția

$$f(x) = \operatorname{arctg} x \qquad (7$$

este definită pe domeniul $(-\infty, +\infty)$ luînd valori în domeniul $\left(-\frac{\pi}{2}, +\frac{\pi}{2}\right)$, ceea ce implică și faptul că domeniul de variație a unghiului $\varphi_{\nu L}$ este $\left(-\frac{\pi}{2}, +\frac{\pi}{2}\right)$.

În concluzie rezultă că semnul erorii de măsurare a energiei active la consumatori deformanți cu contor de inducție de construcție clasică este întotdeauna pozitiv.

Bibliografie

[1] Antoniu, I. S.: *Funcționarea wattmetrelor electrodinamice în regim deformant.* Studii și cercetări de energetică, tom. V, nr. 3—4, 1955, p. 549—563.

[2] Antoniu, I. S.: *Funcționarea contoarelor de inducție într-un regim deformant.* Buletinul Institutului Politehnic București, tom XVIII, fascicula 3—4, 1956, p. 263—281.

[3] Antoniu, I. S.: *Influence du régime déformant sur les conditions de mesure de la puissance et de l'énergie active* (Rapport présenté dans le cadre du Comité nr. 16 d'études des phénomènes réactifs et déformants). Raport nr. 301, CIGRÉ, 4—14 iunie 1958.

[4] Baumann, K.: *Über die Anzeigefehler der Induktions-Zähler bei kurvenverzerrten Strömen und Spannungen.* Archiv für technische Messen, Heft 11, 1962.

[5] Claus, G.: *Der Einfluss von Oberschwingungen auf die Anzeigegenauigkeit von Elektrizitätszählern.* Archiv für technische Messen, Heft 4, 1965.

[6] Tschappu, F.: *Messmethoden zur Bestimmung des Einflusses von Netzoberwellen auf die Messgenauigkeit der Elektrizitätszähler.* Teil I. Archiv für technische Messen, Heft 2, S. 33—36, 1968, Teil II. Archiv für technische Messen, Heft 3, S. 53—58, 1968.

[7] Tschappu, F.: *Einfluss der Netzoberwellen auf die Messgenauigkeit der Elektrizitätszähler.* Landis & Gyr Zeitschrift, Bd. 15, Heft 4, 1968.

[8] Tscappu, F.: *Etude sur les erreurs de mesure dans les circuits avec charges controlées par retards d'amorçage lors de l'emplois de compteurs à induction.* Revue Landis & Gyr, tome 16, nr. 6, 1969.

[9] Vonarburg, H., de Vries, J. H.: *Elektronischer Elektrizitätszähler hoher Präzision.* Landis & Gyr Zeitschrift, Bd. 19, Heft 1, 1972.

[10] Tschappu, F.: *Méthodes modernes de réglage de la charge sans perte, compte tenu de leur influence sur la précision de mesure des compteurs d'électricité.* Revue Landis & Gyr, tome 20, nr. 3, 1973.

[11] Downing, W. C.: *Watthour Meter Accuracy on SCR Controlled Resistance Loads.* IEEE-PAS, vol. 93, nr. 4, pp. 1983—89, 1974.

[12] Goldberg, G.: *Comportement des appareils soumis à l'influence d'harmoniques de tension et de courant.* Informationstagung SEV Zürich, S. 22—44, 1974.

[13] Tschappu, F.: *Effect of modern losses load control on energy meter accuracy.* Electr. Engineering, nr. 8, 1974.

[14] Tschappu, F.: *Investigations into the influence of unsymmetrical network voltages on the measuring and test circuits of polyphase electricity meters.* Landis & Gyr Review, vol. 23, nr. 2, 1976.

[15] Golovanov, C.: *On the expressions of the motor and braking torques of the single phase induction Watt-hour meter in sinusoidal regime of frequency $f = 50$ Hz.* Rev. Roum. Sci. Techn. Electrotechn. et Energ., vol. 22, nr. 1, p. 75—88, 1977.

[16] Golovanov, C.: *Single-phase induction Watthourmeter in distorting regime.* Rev. Roum. Sci. Techn. Electrotechn. et Energ., vol. 22, nr. 2, p. 233—248, 1977.

[17] Züblin, H. G., Tschappu, F.: *Das Messen der elektrischen Arbeit eine Übersicht.* Archiv für technische Messen, Heft 11, 1978.

[18] Gajdos, M.: *Der Einfluss der Verzerrung der Kurvenform auf die Genauigkeit der klassischen Messgeräte.* Vykonová Elektronika, vol. 2, nr. 1, 1978.

[19] Tschappu, F.: *Champ et limites d'application des installations de régulation de puissance à thyristors dans l'optique de l'influence qu'elles exercent sur la mesure de l'énergie.* Revue Landis & Gyr, tome 26, nr. 2, 1979.

[20] Emanuel, A. E., Hynds, B. M., Levitsky, F. J.: *Watthour Meter Accuracy on Integral-Cycle-Controlled Resistance Loads.* IEEE-PAS, vol. 98, nr. 5, pp. 1583—1590, 1979.

[21] Dacko, G.: *Wpływ zniekształceń prądu i napięcia sieci na dokładnosc pomiaru energii licznikami indukcyjnymi.* Energetyka, rok 34, nr. 7, str. 263—268, 1980.

[22] Tschappu, F.: *Problèmes de la mesure exacte de l'énergie électrique dans le réseau lors de la présence d'harmoniques dans le courant.* Revue Landis & Gyr, tome 28, nr. 2, 1981.

[23] Emanuel, A. E., Levitsky, F. J., Gulaschenski, E. M.: *Induction Watthour Meter Performance on Rectifier/Inverter Circuits.* IEEE-PAS, vol. 100, nr. 11, pp. 4422—4427, 1981.

Ing. Marius Popescu — ICEMENERG

Cronică

Conferința Națională de Energetică

— București, 23—25 noiembrie 1983 —

Conferința Națională de Energetică a fost organizată de Institutul Central de Cercetări Energetice, Institutul Politehnic București — Facultatea de Energetică și Comitetul Național Român pentru Conferința Mondială a Energiei. La lucrările conferinței au participat circa 600 specialiști din producție, unități de cercetare, proiectare și institute de învățămînt superior și 17 specialiști din străinătate (U.R.S.S., R.P.B., R.S.C., R.P.P., Franța).

Lucrările s-au desfășurat în 17 secții, la care au fost prezentate 410 referate. În cadrul secțiilor s-au prezentat rapoarte generale, pe baza cărora s-au purtat discuții.

În lucrările de deschidere au luat cuvîntul: prof. dr. ing. Voicu Tache — rectorul I.P.B., prof. dr. doc. Ion Teoreanu — ministrul educației și învățămîntului, dr. ing. Mihail Florescu — membru corespondent al Academiei R.S.R., ministru secretar de stat la CNST, ing. Ion Iliescu — președinte CNA, dr. ing. Călin Mihăileanu — director general al ICCE, dr. ing. D. Teaci — secretar ASAS, dr. ing. Ion Iordănescu — decanul facultății de energetică.

Conferința a demonstrat caracterul interdisciplinar al energeticii, reunind specialiști din cele mai diferite domenii, a evidențiat necesitatea creării unui suport științific rezolvărilor care se dau problemelor energetice.

Participanții la discuții au arătat că în condițiile actuale conceptul de „independență energetică" necesită o abordare științifică a problematicii resurselor energetice, noilor tehnologii în energetică, a ritmurilor și structurii dezvoltării economice. Numeroase discuții și referate au insistat asupra caracterului unitar al energeticii, care asigură comparabilitatea variantelor analizate asupra aducerii la echivalență a acesteia din punctul de vedere economic, energetic, al siguranței în funcționare, al efectelor asupra mediului înconjurător, al energiei, materialelor și informației acumulate în instalațiile studiate.

Comunicările din cadrul conferinței și discuțiile purtate au arătat că dezvoltarea energetică trebuie să se bazeze pe programe energetice fundamentate economic, care să țină seama de posibilitățile energetice, materii prime, implicații ecologice, nivel de dezvoltare, influența asupra transporturilor, a factorului timp, inclusiv a energiei, materii prime și volumului de informații, încorporate în fiecare program.

Referatele și discuțiile au arătat că, dacă anumite soluții erau economice în condițiile unor balanțe energetice excedentare, bazate prioritar pe hidrocarburi, în condițiile unor balanțe deficitare și cu pondere mare a cărbunilor inferiori, energiei nucleare și a altor forme de energie nu mai sînt economice. Dacă în condițiile hidrocarburilor, utilizările directe se dovedesc a fi mai economice, în celelalte condiții apare ca mai avantajoasă folosirea unor energii secundare și în special energia electrică, hidrogenul etc. S-a menționat că această concluzie trebuie să conducă la reanalizarea soluțiilor obținute prin simplă extrapolare, indiferent dacă este vorba de alimentarea cu căldură sau cu alte forme de energie a orașelor, industriilor etc., în vederea promovării acelor soluții care încorporează la un moment dat minimul de energie și metal, afectează în proporții mai reduse mijloacele de transport și mediul înconjurător și se încadrează mai bine în perspectiva dezvoltării energetice a societății.

Conferința Națională de Energetică se înscrie în tradiția energeticienilor români ca periodic să-și evalueze realizările și pe această bază să abordeze modalitățile de transpunere în practică a hotărîrilor de partid și de stat.

Dacă prima și a doua conferință a energeticienilor au reușit să cuprindă ansamblul problematicii energetice, iar sesiunea tehnico-științifică a Facultății de Energetică din 3—4 decembrie 1982, s-a concentrat pe problematica „Independența energetică a României", Conferința Națională de Energetică a îmbinat caracterul sistemic al energeticii cu tratarea specializată, în profunzime, a problemelor care intervin. Conferința a reușit să trateze și să dezbată în egală măsură problemele generale ale energeticii și găsirea celor mai adecvate soluții pentru problemele cu care este confruntată energetica în etapa actuală: folosirea combustibililor inferiori, valorificarea resurselor energetice secundare, creșterea fiabilității și disponibilității echipamentelor și instalațiilor energetice, realizarea primelor centrale nucleare-electrice, atragerea de noi forme de energie etc.

Conferința a avut un pronunțat caracter de lucru, participanții la discuții au căutat să aducă în dezbatere problemele cu care sînt confruntate unitățile, prezentînd și unele modalități de rezolvare sau de studiere și cercetare a acestora. Conferința Națională de Energetică a reprezentat un prilej de manifestare a angajării plenare și responsabile a tuturor specialiștilor din domeniul energetic pentru aplicarea în practică a hotărîrilor Congresului al XII-lea și Conferinței Naționale a P.C.R. Sintetizînd tematica vastă a lucrărilor și discuțiilor din conferință, putem distinge următoarele direcții:

— valorificarea superioară a resurselor energetice printr-o încadrare optimă în ansamblul utilizărilor energetice, prin atragerea de noi surse, creșterea randamentelor pe întreg lanțul energetic, gospodărirea și economisirea energiei;

— ameliorarea și arderea combustibililor inferiori prin realizarea de noi scheme de ardere a ligniților și șisturilor bituminoase, gazeificarea cărbunilor, creșterea factorului de recuperare a țițeiului;

— creșterea economicității și disponibilității centralelor termoelectrice funcționînd pe cărbuni inferiori prin îmbunătățirea indicatorilor de fiabilitate ai blocurilor energetice, proiectarea judicioasă a schemelor gospodăriilor pe cărbune, reducerea consumurilor specifice, automatizarea complexă și trecerea pe calculator a principalelor funcții din centrală;

— contribuții la realizarea primelor centrale nuclearo-electrice din țara noastră, prin creșterea gradului de asimilare a echipamentelor specifice, realizarea cu forțe proprii de programe de dimensionare și exploatare, elaborarea și realizarea programelor de calitate, securitate nucleară și de pregătire a cadrelor ;

— folosirea complexă și economică a resurselor de apă prin realizarea și exploatarea de centrale hidroelectrice cu performanțe economice superioare, proiectarea și execuția de echipamente hidroelectrice cu indici tehnico-economici ameliorați, optimizarea funcționării echipamentelor și instalațiilor hidroenergetice ;

— creșterea aportului energiilor regenerabile în balanța energetică a țării prin soluții tehnice de valorificare a energiei solare, eoliene, geotermale, biogazului etc. ;

— creșterea economicității și siguranței în funcționare a sistemului electroenergetic național și instalațiilor componente — centrale electrice, linii, stații, mari consumatori — prin perfecționarea metodelor de calcul, stabilirea pe bază de cercetări în laborator a performanțelor echipamentelor, conducerea optimă a proceselor etc. ;

— realizarea de echipamente și aparate pentru instalațiile energetice cu performanțe funcționale de economicitate și fiabilitate ridicate ;

— încadrarea optimă în mediul înconjurător a tuturor instalațiilor energetice prin studierea influențelor proceselor de impact și găsirea de soluții tehnice adecvate.

SECȚIA 11 — *Resurse și strategie în energetică*

Referatele acestei secții au prezentat situația resurselor energetice pe plan mondial și au scos în evidență caracterul limitat al combustibililor fosili și minerali, precum și repartiția lor neuniformă pe suprafața globului. Totodată au pus în evidență înrăutățirea indicatorilor economici (lei/t c.c., lei/Gcal, lei/kWh).

În acest context, mai multe rapoarte subliniază necesitatea stabilirii pe baza unor criterii tehnico-economice adecvate, a strategiilor optime de dezvoltare energetică. Preocuparea de aspectele metodologice ale elaborării strategiilor energetice este justificată de complexitatea problematicii și amplificarea restricțiilor. A rezultat în mod evident că direcțiile prioritare pentru țara noastră trebuie să le prezinte : economia de energie, valorificarea resurselor energetice secundare, folosirea combustibililor inferiori, realizarea primelor centrale nuclearo-electrice, atragerea selectivă în circuitul economic a energiilor regenerabile etc.

Necesitatea optimizării variantelor de dezvoltare energetică prin luarea în considerație a tuturor factorilor de influență a fost subliniată de mai mulți participanți la discuții care au propus :

— crearea unui sistem național unic de informare și statistică în energetică (banca de date), prevederea unor creșteri mai pronunțate pentru producția și utilizarea în procese tehnologice a energiei electrice ;

— luarea în considerare, în raționamentele energetice, a energiei înglobate, fiabilității și disponibilității, aspectelor ecologice etc.

Multitudinea factorilor de influență de natură tehnică, economică, conjuncturală ne obligă la adaptarea unor programe glisante, a unor prognoze care să fie periodic actualizate, astfel încît energetica să contribuie la rezolvarea promptă și eficientă a tuturor problemelor pe care le ridică economia națională.

SECȚIA 12 — *Sisteme și tehnologii de transport și stocare a diverselor forme de energie*

Caracterul limitat al resurselor energetice și deficitele care au intervenit în tot mai multe țări au condus la necesitatea diversificării formelor de energie și implicit a sistemelor de transport și stocare a energiei.

În cadrul secției au fost dezbătute probleme ca :

— stocarea căldurii și a hidrogenului în hidruri metalice ;
— acumularea căldurii în centralele termoelectrice ;
— modelarea matematică a comportării sistemului de acumulare a căldurii al unei centrale electrice solare ;
— acumulări hidroenergetice cu pompare, utilizînd ca energie primară, energia electrică ;
— sisteme energetice bazate pe hidrogen și energie electrică ;
— rocile uscate fierbinți, stocarea energiei termice în pămînt cu ajutorul sondelor etanșe ;
— stocarea energiei termice sub formă de căldură latentă de topire etc.

Discuțiile au subliniat importanța producerii și stocării hidrogenului în hidruri metalice, producerea biogazului prin utilizarea dejecțiilor animale, diversificarea formelor de stocare a energiei atît ca energie primară, cît și ca energie secundară.

SECȚIA 13 — *Energii regenerabile — solară, eoliană, biogaz, valuri*

Secția 13 a tratat atît problematica de ansamblu a energiilor regenerabile, cît și noi soluții tehnice și tehnologice pentru valorificarea acestor energii.

Referatele și discuțiile au evidențiat progresele realizate în folosirea practică a diferitelor forme de energie regenerabilă, dar totodată au reliefat condiționările economice la nivelul tehnologiilor actuale. Din acest punct de vedere s-a remarcat necesitatea utilizării sub formă complexă a energiilor regenerabile, pentru a acoperi cererile consumatorilor în mod cît mai continuu.

Utilizarea mixtă a energiei solare, eoliene, geotermale, biogazului poate oferi scheme energetice caracterizate printr-o economicitate și continuitate mai ridicate.

Avînd în vedere specificitatea acestor energii, participanții au insistat asupra următoarelor aspecte :

— energiile regenerabile constituie o sursă alternativă de energie, care, în pofida dezavantajelor majore ce le caracterizează : dispersie, caracter intermitent, tehnologii de punere în valoare încă scumpe, constituie o perspectivă care justifică efortul de cercetare actual ;

— preocupările privind noile tehnologii trebuie promovate cu consecvență. Acestea trebuie să se dezvolte nu prin reproducerea de la scară mică la scară mare, ci prin adaptarea unor puncte de vedere noi, în funcție de dimensiunile producției, tipul consumatorului, zona afectată ;

— succesul cercetărilor și realizărilor în domeniul utilizării energiilor regenerabile este asigurat de activitatea în colective largi cu caracter mixt, grupînd specialiști de diferite formații (de exemplu ICEMENERG) ;

— resursele noi sînt încă necompetitive. Cercetările trebuie însă întreprinse pentru a se evita o eventuală rămînere în urmă în acest domeniu, fapt care ar putea duce, în perspectivă, la necesitatea de importuri ;

— cercetările trebuie realizate cu mult discernămînt ; este necesar să se evite o anumită „modă" în domeniul energiilor regenerabile. Soluțiile sau pistele false pot denatura sau chiar compromite ideea utilizării acestor forme de energie.

SECȚIA 21 — *Ameliorarea și folosirea combustibililor inferiori*

Lucrările din această secție s-au referit, în principal, la următoarele grupe de probleme :

— dificultățile arderii combustibilului solid inferior în instalațiile existente și căile de îmbunătățire a procesului de ardere, în principal prin mărirea stabilității arderii și a producerii combustibilului de adaos suport, indicînd unele realizări pe linie de cercetare și de producție din țara noastră. Sînt de reținut rezultatele obținute prin reconstrucția cazanelor la CET-Oradea și la punerea în funcțiune a cazanelor de 420 t/h de la Borzești II ;

— posibilitățile de ameliorare calitativă a șisturilor bituminoase prin spălare în lichide grele, precum și ameliorarea conținutului de sulf în gaze prin aditivarea păcurii sulfuroase, ambele procedee în curs de experimentare ;

— posibilitățile de folosire a combustibilului inferior din zăcăminte noi, precum și rezultatele experimentale asupra măririi gradului de recuperare în zăcăminte de țiței prin căldură din cazane cu ardere subterană ;

— reducerea consumului de hidrocarburi la motoarele cu ardere internă prin folosirea de metanol rezidual, indicînd rezultatele concrete obținute pe standurile experimentale în diferite condiții de exploatare.

Concluziile și propunerile care au rezultat din referate și luările de cuvînt au punctat ideea că schemele perfecționate cu concentrarea prafului de lignit la insuflarea în focare dau rezultate avantajoase privind reducerea hidrocarburilor, combustibilul de stabilizare a flăcării, obținîndu-se, chiar la puteri calorifice minime, arderi experimentale fără adaos de hidrocarburi.

Luările de cuvînt ale specialiștilor din U.R.S.S. și din Polonia au evidențiat similitudinea între unele probleme ale folosirii combustibililor inferiori din țările respective și de la noi (stabilitatea arderii, eroziunea, coroziunea), dar și deosebirile de fond care apar, dat fiind diferența de calitate între combustibilii care poartă totuși aceleași denumiri. Puterea calorifică inferioară este la lignitul românesc 70% din cea a lignitului polonez, iar la șisturile bituminoase 40—50% din cea a șisturilor folosite în R. S. S. Estonă.

Aceste luări de cuvînt au evidențiat experiența acumulată în decurs de peste 30 ani în U.R.S.S. și Polonia, exemplificată prin datele prezentate, referitoare la blocul energetic de 500 MW cu un singur cazan arzînd șisturi bituminoase, în construcție în U.R.S.S.

SECȚIA 22 — *Centrale termoelectrice*

În domeniul centralelor termoelectrice reliefăm următoarele categorii de probleme tratate în lucrările prezentate :

Concepția unor noi instalații termoenergetice folosind cărbune inferior și aspecte legate de proiectarea acestora. S-au evidențiat ideile și condițiile în care se pot trece pe cărbune unele instalații dimensionate inițial pentru hidrocarburi și au justificare în actuala complexitate a gospodăriilor de cărbune aferente centralelor termoelectrice.

Pentru valorificarea energetică în condiții de economicitate și de competitivitate a combustibililor cu foarte redusă putere calorifică s-a evidențiat atît prin referate, cît și prin luările de cuvînt, că este nevoie să se facă o balanță globală pentru energia încorporată în ansamblul instalațiilor din lanțul de extracție — preparare — transport — utilizare a combustibilului și cea produsă net. S-a evidențiat că acest randament global este afectat progresiv de scăderea puterii calorifice și tinde spre zero pentru $H_i = 500$ kcal (2100 kJ/kg).

Un alt grup important de referate s-a preocupat de îmbunătățirea urmăririi consumului specific în exploatarea CTE, atît sub aspectul metodologiei de postcalcul, cît și al aparaturii electronice de urmărire. Din luările de cuvînt rezultă că este necesar a adapta în continuare metoda postcalculului la grupurile de termoficare cu turbine cu condensație și priză reglabilă și a preciza funcțiile și programele de lucru pentru microprocesoarele cu ajutorul cărora s-ar urmări continuu funcționarea.

Actualul stadiu al preocupărilor pentru limitarea consumurilor specifice și reducerea consumurilor proprii tehnologice arată în principal că din punctul de vedere al nivelului tehnic și al performanțelor agregatelor nu mai sînt posibile salturi, dar că prin modernizarea antrenărilor electrice în vederea funcționării pompelor și ventilatoarelor cu turație variabilă se pot aduce economii asupra consumului propriu de pînă la 30%, ceea ce corespunde unei economii de cel puțin 10 g/kWh, raportat la producția netă. Realizările din U.R.S.S. și experiența de exploatare a unor dispozitive cu variația prin tiristoare de putere a frecvenței statorice sau a recuperării energiei rotorice la motoare cu rotor bobinat sînt spectaculoase.

Din lucrări s-au evidențiat progresele efectuate în concepția turnurilor de răcire, a tehnologiilor cu productivitate mare privind confecționarea dispozitivelor de schimb de căldură în turn, precum și preocupările legate de mai buna gospodărire a apei în centralele termoelectrice. Asupra acestor subiecte sînt necesare cercetări de optimizare, în continuarea celor existente.

S-au conturat multiple puncte de vedere legate de conducerea perfecționată a exploatării blocurilor energetice cu ajutorul calculatoarelor electronice de construcție românească și necesitatea de a realiza o gîndire unitară bazată pe experiența de pînă acum. Evacuarea zgurii și cenușii constituie o preocupare tot mai amplă sub aspectul siguranței în funcționare a instalațiilor și al posibilităților de folosire a cenușii. Din acest ultim punct de vedere reiese nevoia de a avea noi rezultate pe linie de cercetare privind posibilitățile de folosire a cenușii evacuate în stare uscată și umedă, provenind din arderea lignitului și a șisturilor și a implementa un program pe termen lung de realizare a unor asemenea instalații și de dotare a centralelor de termoficare care vor folosi lignit.

S-au reținut următoarele propuneri care finalizează conținutul de idei al referatelor și luărilor de cuvînt :

— necesitatea de a se acționa în continuare prin lucrări de cercetare aplicativă, prin adoptarea în proiectare a unor măsuri preluate din concluziile exploatării și prin adoptarea de măsuri de îmbunătățire a exploatării, în privința funcționării condensatoarelor care se dovedesc a fi principala cauză de depășire a consumului de combustibil normat, atît în țara noastră, cît și la grupul de 210 MW prezentat în referatul bulgar. Măsurile privesc atît asigurarea debitului și calității apei de răcire, cît și realizarea unei etanșeități mai bune, cu controlul sistematic al pătrunderilor de aer, respectiv curățirea condensatorului ;

— adoptarea de noi soluții tehnice în antrenarea electrică a pompelor și ventilatoarelor, permițînd reglajul turației cu reducerea consumului propriu tehnologic și soluționarea mai mică a instalațiilor electrice ca urmare a limitării curenților de pornire. Experiența concretă din U.R.S.S. justifică întocmirea unor studii cu privire la aplicarea în CTE și CET a instalațiilor de reglare electrică a turației ;

— necesitatea continuării cercetărilor referitoare la turnurile de răcire mari și la consumurile de apă ale CTE și CNE cu scopul optimizării răcirii și al reducerii consumurilor de apă, pe baza unui program coordonat. S-a evidențiat necesitatea unui schimb de experiență între proiectare și învățămînt în privința utilizării calculatoarelor în CTE și CET, pornind de la rezultatele obținute prin folosirea aparaturii de calcul din CET-laborator IPB ;

— formarea unei concepții unitare a valorificării zgurii și cenușii cu un program de asimilare de instalații și de alimentare a acestora la noile CET pe lignit pînă în anul 2000.

SECȚIA 23 — *Centrale nucleare-electrice. Transfer de masă și energie*

Referatele au abordat atît probleme multiple legate de aspectele nucleare și de programele de dezvoltare ale combustibililor nucleari și utilizarea lor în CNE, cît și aspecte teoretice, experimentale și constructive legate de cunoașterea și optimizarea proceselor termice, deci reactoare nucleare.

Sînt de reținut informațiile asupra realizării concrete privind fizica neutronilor (IPIN București) și a unor tipuri de elemente combustibile cu thoriu (IRNE — Pitești).

Un grup tematic de interes deosebit a fost constituit de referatele care au urmărit cadrul general și realizările din țara noastră în privința controlului calității echipamentelor nucleare și consecințele organizatorice și tehnice pe care le implică.

Între preocupările cuprinse în programul secției au fost și cele legate de îmbunătățirea echipamentelor termoenergetice prin studii și cercetări referitoare la schimbul de masă și energie. Luările de cuvînt și propunerile făcute au vizat următoarele :

— punerea unui accent deosebit pe realizarea în condiții de calitate superioară și la timp a investițiilor actuale în sectorul energetic nuclear, precum și dezvoltarea unor investiții noi, importante în acest sector ;

— lărgirea cercetării viitoare în domeniul strategiilor nucleare cu reactoare rapide reproducătoare și reactoare calogene pentru producere de căldură cu nivel de temperatură coborît și mediu (apă fierbinte) pentru încălzirea urbană și industrială ;

— asigurarea calității echipamentelor nucleare — o problemă de maximă importanță. Punerea accentului nu atît pe faza finală de control, cît pe faza de producere tehnologică a echipamentelor ;

— promovarea în continuare a dezvoltării metodelor numerice cu elemente finite și aplicarea lor la analiza proceselor termice ;

— realizarea unor bănci de date pe programe pentru o tratare unitară a problemelor de inginerie nucleară, pe baza celor mai bune metodologii de lucru.

SECȚIA 24 — *Impactul instalațiilor energetice asupra mediului înconjurător*

Au fost abordate prin tematicile referatelor practic toate direcțiile din domeniu, insistîndu-se cu precădere asupra problemelor legate de poluarea atmosferică și asupra celor referitoare la apele de suprafață și subterane. Au fost tratate următoarele categorii de subiecte :

— modelarea matematică a transportului și dispersiei poluanților, insistîndu-se asupra unor realizări ale cercetării din R.S.R. și asupra corelației între măsurătorile experimentale și rezultatele calculatoarelor, respectiv asupra progreselor realizate în această privință ;

— studiul perturbațiilor sau modificărilor mediului prin prezența și exploatarea instalațiilor energetice, inclusiv problemele ecologice și de sănătate rezultate din funcționarea centralelor termo și hidroelectrice și a liniilor de transport al energiei electrice ;

— realizări în țara noastră cu privire la măsurarea agenților poluanți și la instalațiile mecanice de dispersie și de reducere a noxelor (în special în lichide) ;

— calcule tehnico-economice privind costurile asociate în mod direct și indirect cu impactul instalațiilor asupra mediului înconjurător.

Atît din concluziile referatelor, cît și din discuții au reieșit propuneri concrete legate de măsuri și inițiative în privința limitării consecințelor negative ale instalațiilor energetice asupra mediului și a perfecționării cadrului legal de normare și de urmărire a poluanților după cum urmează :

— în privința poluării aerului a rezultat nevoia creării unui normativ general privind dispersia gazelor poluante în atmosferă, stabilirea actualei stări de poluare pe bază de zone, în scopul găsirii celei mai bune soluții pentru actualele și viitoarele termocentrale, precum și stabilirea unor norme perfecționate și corectate de cuantificare a efectelor poluanților în scopul luării corecte a diverselor decizii ;

— în privința apei rezultă necesitatea de a continua și de a generaliza la toate cursurile importante de apă, cercetările privind poluarea termică și chimică, în scopul obținerii unor „regii termice", precum și determinarea de norme privind și consumul de apă de către centralele termoelectrice. S-a evidențiat oportunitatea de a realiza laboratoare specializate locale care să ia decizii în legătură cu utilizarea apei de răcire în industrie.

Este imperios necesar să se creeze cadrul legal și să se formeze o nouă concepție privind folosirea apelor în industrie și returnarea lor nealterată în rîuri, înlăturîndu-se actuala concepție că apa este o sursă nelimitată și gratuită.

SECȚIA 31 — *Conducerea și optimizarea sistemelor electroenergetice*, SECȚIA 32 — *Rețele electrice, linii și stații*, SECȚIA 33 — *Tehnica tensiunilor înalte*, SECȚIA 34 — *Automatizări și sisteme informatice în energetică*, SECȚIA 35 — *Echipamente electrice, fiabilitate în energetică*

Au grupat problemele de cea mai stringentă actualitate ale sistemelor electroenergetice componente. Discuțiile ample și la subiect la care au participat specialiști din producție, cercetare, proiectare, învățămînt au adus noi contribuții importante. Problemele mai importante prezentate în cadrul referatelor și pe baza cărora au avut loc discuții sînt următoarele :

a) Reducerea consumurilor proprii tehnologice în rețelele și stațiile electrice prin :

— optimizarea funcționării sistemului electroenergetic (repartiția puterilor active, repartiția puterilor reactive, reglarea tensiunilor generatoarelor, reglarea platourilor transformatoarelor, reglarea unghiurilor la transformatoarele cu reglaj longo-transversale) ;

— studii privind pierderile de energie prin descărcarea corona pe fascicule de 2, 3, 4 și 5 conductoare la linii de 400 kV și 750 kV și elaborarea unui normativ privind determinarea pierderilor corona la liniile de 400 kV simplu și dublu circuit ;

— alegerea secțiunii economice a conductoarelor ;

— gestionarea energiei electrice și termice ;

— compensarea factorului de putere și studiul influenței regimului deformant asupra funcționării sistemului energetic.

b) Mărirea capacității de transport a liniilor de înaltă tensiune prin introducerea tensiunii de 750 kV și realizarea de studii privind izolația liniei, supratensiunea atmosferică și internă, cîmpul electric la sol, protecția la loviturile directe a stației de 750 kV, perturbațiile radioelectrice introduse de linie și stație și comportarea, din punct de vedere mecanic, a elementelor componente.

c) Creşterea fiabilităţii sistemului energetic prin :

— creşterea fiabilităţii întrerupătoarelor de medie şi înaltă tensiune ;

— introducerea în mod ferm la construcţii de echipamente şi aparate a unui sistem de garanţii a indicatorilor de fiabilitate ;

— creşterea siguranţei în funcţionare a liniilor şi staţiilor de înaltă tensiune prin stabilirea caracteristicilor disruptive a lanţurilor de izolatoare de fabricaţie românească şi prin stabilirea măsurilor de protecţie contra supratensiunilor atmosferice ;

— cercetări în domeniul izolaţiei cablurilor electrice de înaltă tensiune, în special în ceea ce priveşte distribuţia cîmpului electric în secţiunea cablului şi descărcările parţiale în izolaţiile solide ;

— stabilirea unor indicatori de fiabilitate care să fie incluşi printre indicatorii folosiţi de CSP în planurile de dezvoltare.

d) Reducerea avariilor în instalaţiile ce vehiculează produse explozibile şi inflamabile prin :

— studiul descărcărilor electrice şi protecţia împotriva loviturilor de trăsnete ;

— studiul electricităţii statice şi analiza mijloacelor de protecţie contra avariilor şi accidentelor produse de acest fenomen.

e) Realizarea încercărilor pe echipamente româneşti ce urmează a fi livrate în străinătate şi probleme ridicate de construcţia de reţele electrice în străinătate, care aduc aport valutar pentru ţară.

f) Optimizarea funcţionării sistemelor electrice prin perfecţionarea modelelor de calcul, introducerea echivalenţilor REI-Dimo, implementarea calculatoarelor de proces, a sistemelor de teleinformatică şi telemecanică, îmbunătăţirea bazelor de date.

g) Stimularea în continuare a preocupărilor privind realizarea aparatelor de comutaţie care folosesc tehnica vidului avansat, tehnica SF 6 la înaltă tensiune etc.

SECŢIA 41 — *Centrale hidroelectrice. Folosirea complexă a resurselor de apă* şi SECŢIA 42 — *Procese hidraulice. Instalaţii şi echipamente hidroenergetice*

Pe baza unui mare număr de rapoarte elaborate de specialişti cu o bogată experienţă s-au abordat problemele cele mai importante ale domeniului. Varietatea şi diversitatea problemelor tratate au permis efectuarea unui fructuos schimb de opinii, desprinzîndu-se următoarele concluzii şi recomandări :

— în condiţiile crizei energetice actuale, pentru utilizarea maximă a potenţialului hidroenergetic al resurselor de apă se impune reconsiderarea rolului CHE în acoperirea curbei de sarcină a SEN, astfel încît să furnizeze cantităţi cît mai mari de energie electrică, să intervină în cazuri de indisponibilitate a CTE şi să participe la preluarea vîrfurilor de sarcină ;

— admiterea studiilor privind asigurarea bazei hidrologice pentru precizarea potenţialului hidroenergetic tehnic amenajabil şi utilizarea acestuia pentru rîurile cu potenţial redus prin dezvoltarea construcţiei de microhidrocentrale ;

— adoptarea de soluţii originale pentru realizarea microhidrocentralelor, ca de exemplu : utilizarea hidroenergetică a potenţialului existent pe lîngă acumulările promovate de alte folosinţe ; realizarea aducţiunilor din conductă metalică în regim de sifon ; echiparea electromecanică cu pompe centrifuge diagonale funcţionînd în regim de turbionare ; folosirea unui singur bazin compensator şi dispunerea unor microhidrocentrale în cascadă ;

— popularizarea tehnologiilor noi folosite în şantierele hidroenergetice cu utilaje româneşti. Minimizarea consumului de energie prin micşorarea distanţelor de transport al volumelor de umplutură pentru baraje şi diguri ;

— economii de energie prin înlocuirea dragării cu spălarea hidrodinamică a cuvetelor lacurilor de acumulare ;

— optimizarea exploatării lacurilor de acumulare în condiţii de ape mari, cu pierderi de apă minime ;

— extinderea urmăririi comportării construcţiilor hidroenergetice pentru mărirea fiabilităţii acestora şi preîntîmpinarea avariilor ;

— optimizarea exploatării CHE de mare putere (Porţile de Fier I) în vederea măririi cantităţii de energie produsă ;

— cerinţa analizării schemelor de gospodărirea apelor şi din punctul de vedere al calităţii apei ;

— aplicarea unor metode noi de proiectare a pompelor şi turbinelor care permit obţinerea unor performanţe îmbunătăţite ale acestora ;

— realizarea unor importante economii de energie prin exploatarea şi adaptarea corespunzătoare a instalaţiilor şi echipamentelor ;

— exploatarea raţională, sezonieră a staţiilor de epurare din industria chimică ;

— optimizarea funcţionării echipamentelor hidromecanice din staţiile de pompare ;

— recuperarea energiei în standurile de încercare a pompelor cu ajutorul microturbinelor axiale tubulare ;

— creşterea randamentului pompelor prin aditivarea cu polimeri a fluidului vehiculat.

SECŢIA 51 — *Gospodărirea raţională a energiei în industrie, agricultură şi transporturi*

Discuţiile din cadrul acestei secţii s-au referit la o problematică largă, ca : folosirea curenţilor de înaltă frecvenţă la tratamentele termice, efectuarea sistematică de măsurători pe circuitele de agent termic, utilizarea contoarelor cu trei echipaje, implementarea calculatoarelor de proces în întreprinderi, precum şi la o serie de soluţii ca montarea recuperatoarelor la baza coşurilor de la cuptoarele de tratament. S-a desprins ca o concluzie care să permită optimizarea funcţionării sistemelor energo-tehnologice, promovarea criteriilor energetice în alegerea noilor tehnologii.

Din referate şi discuţii a rezultat necesitatea imperioasă de a completa, de a introduce tipuri noi şi de a întreţine corespunzător anasamblul aparatelor de măsură din industrie, elementul de bază în urmărirea proceselor şi în gospodărirea corespunzătoare a energiei.

Întreaga acţiune de evidenţiere sistematică şi de reducere a consumurilor energetice este condiţionată de dotarea corespunzătoare şi de funcţionarea corectă a sistemului de măsură. Rezultă propunerea de realizare a unui program naţional de sistematizare şi de unificare a sistemelor de măsură şi de conducere a proceselor tehnologice pe ramuri industriale şi pe tipuri de industrii, corelat cu producţia aparaturii necesare în ţară, respectiv cu întreţinerea ei prin service competent.

S-a subliniat ideea realizării de irigaţii pe principiul gravitaţional, cu recurgere minimă la pompaj, în zonele în care relieful o permite, mijloc arătat ca deosebit de eficient în limitarea consumurilor de energie electrică în agricultură, în viitor.

SECȚIA 52 — *Alimentarea cu energie a consumatorilor industriali și urbani*

Problematica abordată în această secție s-a grupat în următoarele șase teme: alimentarea cu energie a marilor consumatori industriali și urbani; reglarea consumului, curbe de sarcină, siguranța în alimentarea cu energie; dezvoltarea termoficării în actuala conjunctură a surselor de energie primară; implementarea națională a energiilor neconvenționale și pompelor de căldură pentru consumurile de încălzire și ameliorarea unor procese; tipuri noi de măsură și calcul.

O direcție principală de preocupare în alimentarea cu energie electrică și termică a consumatorilor industriali și urbani o constituie reducerea consumurilor proprii tehnologice.

Se remarcă astfel, posibilitatea obținerii de economii de putere de circa 30% prin reglajul optimal al pompelor în rețelele de termoficare mari, ca și majorări de circa 15% ale debitului de agent termic în aceste rețele, pentru aceeași putere de pompare, la folosirea aditivilor polimerici.

Au fost evidențiate rezultatele deosebite ale aplicării termoficării în infraroșu a construcțiilor și a rețelelor de transport al căldurii în țara noastră. Aceasta aduce informații și dă posibilități de diagnoză asemănătoare cu radiografia în medicină. Imaginile obținute prin termografie arată că această nouă tehnică este deosebit de utilă pentru concepția energetică a clădirilor, calitatea execuției, depistînd viciile ascunse ale izolației termice, invizibile cu ochiul, calitatea exploatării construcțiilor, a modului de încălzire și a sistemelor de alimentare cu căldură, precum și calitatea materialelor folosite. Prin aplicarea lărgită a acestui procedeu se vor putea depista locurile și modurile prin care se pot limita pierderile de căldură către mediul înconjurător.

A rezultat că energetica clădirilor și reducerea pierderilor de căldură trebuie să fie însușită mai profund în institutele de proiectare și de învățămînt cu profil de arhitectură.

S-au menționat, de asemenea, experimente privind utilizarea pompelor de căldură, care se conturează tot mai mult ca unul din procedeele eficiente de recuperare a resurselor energetice secundare de potențial termic coborît, apreciate la nivelul economiei naționale la circa 14 milioane t c.c./an evacuate în atmosferă, din care circa 65% recuperabile. Realizarea unor pompe de căldură de capacitate mare de 5—6,3 Gcal/h, poate permite fundamentarea tehnico-economică a acestei soluții în perspectivă.

SECȚIA 53 — *Utilizarea energiei*

Această secție a reunit referate care se referă la regimurile energetice ale instalațiilor tehnologice și ale receptoarelor de energie electrică, utilizarea energiei electrice ca factor de economisire a materiilor prime și combustibilului în industrie etc.

În cadrul discuțiilor s-a propus generalizarea elaborării unor bilanțuri energetice la care să colaboreze specialiștii tehnologi și energeticieni, extinderea pompelor de căldură pe baza unor studii de oportunitate energetică și economică, combinarea utilizării energiei solare cu rețeaua de termoficare, extinderea recuperării resurselor solare energetice secundare etc.

O atenție deosebită s-a acordat problemelor influenței consumatorilor deformanți asupra rețelei electrice.

Referatele și discuțiile au scos în evidență diversitatea problematicii utilizării energiei și necesitatea abordării acesteia cu ajutorul celor mai actuale metode de optimizare.

★

Conferința Națională de Energetică a dezbătut cele mai actuale probleme ale energeticii, dovedindu-se un veritabil for de schimb de opinii, de stabilire de propuneri care interesează unitățile productive, de cercetare și proiectare.

Caracterul de lucru al conferinței, bogăția de idei care a rezultat, au marcat caracterul interdisciplinar al preocupărilor specialiștilor energeticieni, a evidențiat necesitatea intensificării integrării învățămîntului cu producția, cercetarea și proiectarea, prin organizarea de colective mixte, preluarea responsabilității unor teme majore din sectorul energetic, participarea cadrelor didactice cu experiență la acțiunile de asistență tehnică din marile unități producătoare și consumatoare de energie etc.

Totodată a rezultat necesitatea participării cadrelor din învățămîntul energetic superior la acțiunea de perfecționare și reciclare a personalului de specialitate din întreg sectorul energetic. În acest scop s-a propus ca unitățile M.E.E. și ale celorlalte ministere economice să solicite cadrele didactice să participe la formele de perfecționare organizate în unitățile respective și în mod deosebit să folosească forma de perfecționare prin cursuri postuniversitare.

Participanții au evidențiat importanța acestei manifestări ș. au propus ca lucrările Conferinței să se desfășoare cu o periodicitate de 2—3 ani.

Prof. dr. ing. Ion Iordănescu — I.P.B.

BĂLĂ, C., ŢUGUI, L. şi COVRIG, M. **Bobine de reactanţă pentru sisteme energetice.** Editura tehnică, Bucureşti — 1983, 244 p.

Lucrarea cu titlul de mai sus reprezintă o monografie interesantă şi utilă, care nu are precedent în literatura tehnică de specialitate din ţara noastră. Desigur, despre bobinele de reactanţă s-au publicat numeroase studii, iar tematica lor este inclusă în monografii privind aparatele electrice, reţelele electrice ale sistemelor electroenergetice ş.a., dar o sinteză care să se ocupe în exclusivitate de acest subiect încă nu s-a scris pînă la apariţia acestei cărţi.

După cum se ştie, bobinele de reactanţă sînt folosite în sistemele electroenergetice şi în acţionările electrice de putere, îndeplinind funcţiile principale de compensare a puterii reactive capacitive şi de filtrare a armonicilor. De asemenea, bobinele de reactanţă se folosesc în sistemele electroenergetice pentru limitarea curenţilor de scurtcircuit şi pentru tratarea neutrului reţelelor electrice.

Aceste utilizări ale bobinelor de reactanţă în sistemele electroenergetice sînt binecunoscute. În cartea la care ne referim, sînt prezentate şi alte utilizări ale bobinelor de reactanţă, legate, în mod deosebit, de circuitele de filtrare a armonicilor de curent generate de elementele neliniare ale consumatorilor din sistemele electroenergetice.

Tematica cărţii este axată pe calculul, construcţia, încercările şi funcţionarea bobinelor de reactanţă ca elemente componente ale reţelelor sistemelor electroenergetice şi este structurată pe 11 capitole.

Astfel în primul capitol, cu caracter introductiv, sînt prezentaţi parametrii bobinelor de reactanţă şi domeniile de utilizare a acestora în reţelele sistemelor electroenergetice.

În capitolul 2 sînt prezentate relaţiile de calcul ale inductivităţii bobinelor, precum şi definiţiile generale ale acestora, funcţie de tipul constructiv: bobine cu conductoare filiforme, cu conductoare masive, bobine cu miez feromagnetic, bobine cilindrice ecranate; în final se prezintă calculul inductivităţilor de dispersie ale transformatoarelor electrice.

Capitolul 3 se ocupă de problemele determinării forţelor electrodinamice şi electromagnetice care se produc în bobinele folosite în sistemele electroenergetice şi cuprinde următoarele probleme: relaţii generale pentru calculul forţelor electrodinamice şi electromagnetice, forţa dintre două spire circulare filiforme coaxiale, forţe electromagnetice în bobinele cilindrice, forţe electromagnetice în bobinele ecranate, forţe electromagnetice în bobinele cu miez feromagnetic şi, în final, determinarea forţelor electromagnetice de scurtcircuit în transformatoarele electrice.

Capitolul 4 este rezervat calculului pierderilor de putere şi energie în bobinele de reactanţă sub formă de căldură: pierderi principale, produse în înfăşurare şi în miezul feromagnetic, şi pierderi suplimentare, produse în înfăşurare, miez, în piesele metalice de consolidare şi în cuvă sau în carcasă.

În capitolul 5 sînt studiate supratensiunile în bobinele de reactanţă, care apar datorită descărcărilor electrice atmosferice, sau proceselor de comutaţie în sistemele electroenergetice. Principalele probleme abordate în acest capitol sînt: supratensiunea la bornele bobinei de reactanţă la pătrunderea frontului undei de supratensiune, pătrunderea undei de impulsie în înfăşurările într-un strat, pătrunderea undei de tensiune în înfăşurările stratificate şi calculul distribuţiei tensiunii în înfăşurări avînd o construcţie oarecare.

În capitolul 6 sînt tratate problemele privind încălzirea şi răcirea bobinelor de reactanţă, şi anume: încălzirea şi răcirea înfăşurărilor cilindrice în aer, în ulei, încălzirea şi răcirea cu ulei a înfăşurărilor în galeţi, încălzirea şi răcirea bobinelor în aer consolidate în beton şi, în final, încălzirea şi răcirea miezului bobinelor.

Capitolul 7 al lucrării se ocupă de construcţia bobinelor de reactanţă: bobine fără miez şi bobine cu miez feromagnetic din tole.

În capitolul 8 este prezentat calculul de proiectare a bobinelor de reactanţă, vizînd realizarea optimului constructiv şi funcţional. Astfel principalele probleme, privind dimensionarea bobinelor de reactanţă, dezvoltate în acest capitol, sînt: determinarea optimului tehnico-economic pentru bobinele derivaţie cu miez feromagnetic folosite pentru compensarea puterii reactive (inclusiv un exemplu de calcul aplicativ), determinarea optimului tehnico-economic pentru bobinele de netezire cu un exemplu de calcul, determinarea dimensiunilor principale optime ale bobinelor cu miez feromagnetic folosite în filtrele de armonici şi, în final, calculul dimensiunilor optime ale bobinelor fără miez feromagnetic.

Capitolul 9 al cărţii se ocupă de caracteristicile de funcţionare şi de parametrii bobinelor. Astfel în cadrul acestui capitol sînt dezvoltate următoarele probleme privitoare la caracteristicile de funcţionare ale bobinelor de reactanţă: caracteristica tensiune-curent, regimul tranzitoriu al bobinei derivaţie la conectarea la reţea, fenomenul de ferorezonanţă în circuitele cu bobină de reactanţă şi condensator.

Capitolul 10 tratează încercările experimentale ale bobinelor de reactanţă: măsurarea rezistenţei electrice a înfăşurării, a inductivităţii (impedanţei), măsurarea pierderilor, încercare la încălzire, încercarea la tensiune între spire, încercările dielectrice la frecvenţă industrială, încercările dielectrice la unda de impulsie, încercarea de ţinere la curent de scurtcircuit şi verificarea nivelului de zgomot.

Ultimul capitol al cărţii, capitolul 11, este rezervat utilizărilor bobinelor de reactanţă în sistemele energetice: compensarea locală a puterii reactive, limitarea curenţilor de scurtcircuit, filtre de armonici pentru diminuarea efectelor regimului deformant, limitarea supratensiunilor la deconectarea de la reţea a bateriei de condensatoare, simetrizarea sarcinii şi, în sfîrşit netezirea curentului în instalaţiile de redresare, cu un exemplu de calcul.

Aşa cum s-a putut constata, cartea monografică la care ne referim tratează aproape în totalitate întreaga gamă a problemelor referitoare la bobinele de reactanţă folosite în reţelele sistemelor electroenergetice, ceea ce îi conferă o mare utilitate pentru diverse categorii de cititori cu preocupări în domeniul electrotehnicii, electroenergeticii şi automaticii.

Sugerăm faptul că o eventuală nouă ediţie ar trebui să cuprindă o infuzie mai largă în continutul cărţii a unor realizări de prestigiu din industria noastră electrotehnică referitoare la bobinele de reactanţă şi, în plus, credem indicat ca un capitol al lucrării să se refere la comportarea bobinelor de reactanţă în condiţiile reale, concrete ale sistemelor electroenergetice, cu aprofundarea tuturor fenomenelor caracteristice funcţionării în sistem, inclusiv a indicatorilor de fiabilitate şi siguranţă.

N-ar fi lipsite de interes şi eventualele programe de calcul al bobinelor, folosind metodele informaticii privind utilizarea tehnicii de calcul electronic.

Precizăm că, fără a lua în considerare sugestiile de mai sus, lucrarea la care ne referim prin tematica şi nivelul ei de tratare se situează la o înaltă ţinută ştiinţifică, adresîndu-se cadrelor de specialişti cu pregătire superioară.

Tratarea matematică este riguroasă, iar exemplele de calcul întregesc teoria prezentată în sensul unei mai bune înţelegeri a cititorului.

Lucrarea are la bază o amplă bibliografie (91 referinţe bibliografice), în care se includ şi cercetările autorilor publicate de-a lungul anilor în periodicele de specialitate din ţară. Conţinînd informaţia la zi şi prezentînd-o la nivelul ştiinţific adecvat, lucrarea prof. dr. ing. C. Bălă şi col. se înscrie ca o carte de referinţă în literatura noastră de specialitate pentru domeniul abordat, ceea ce îi asigură o excelentă primire în rîndul cititorilor.

Ing. Romulus Sfichi

Din sumarul revistelor*)

ICHIRO SUETSUNA Avantajele economice ale termoficării şi instalaţiilor cu ciclu combinat în Japonia (Economic advantages of co-generation and combined cycle power plants in Japan). Modern Power Systems, vol. 2, nr. 8, sept. 1982.

CROWTHER-GREEN, A. Probleme financiare ale termoficării (Financial engineering is a diverse skill). Modern Power Systems, vol. 2, nr. 8, sept. 1982.

STUDHALTER, W. R. Turbină cu separator rotativ pentru recuperarea energiei geotermice (Rotary separator turbine enhances geothermal power recovery). Modern Power Systems, vol. 2, nr. 8, sept. 1982.

WINKENS, H. P. Dezvoltarea termoficării în R.F.G. şi în lume (Die Entwicklung der Fernwärmeversorgung aus nationaler und internationaler Sicht) 3R International, vol. 22, nr. 7—8, iul.-aug. 1983.

THUNSTROM, B. Fiabilitate — statistica avariilor din punct de vedere internaţional (Betriebssicherheit — Schadensstatistik aus internationaler Sicht). 3R International, vol. 22, nr. 7—8, iul.-aug. 1983.

DITTBRENNER, A. Sistemul de termoficare din zona Ruhr — Experienţa de exploatare şi perspective pentru introducerea sistemului interconectat de termoficare (Die Fernwärmeschiene Ruhr — Betriebsserfahrungen und Ausblick für die Verbundfernwärmeversorgung im mittleren Ruhrgebiet). 3R International, vol. 22, nr. 7—8, iul.-aug. 1983.

JOACHIM, H. Probleme actuale legiferate în secţiunea 11 a Legii pentru promovarea energiei din 13.12.1935 (Legea energiei) (Aktuelle verfassungsrechtliche Problematik des § 11 des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft vom 13.12.1935 (Energiewirtschaftsgesetz). 3R International, vol. 22, nr. 7—8, iul.-aug. 1983.

HEINRICH, B. ş. a. Studiu asupra comportamentului la coroziune a mortarurilor din ciment pentru căptuşirea ţevilor în cazul apelor acide care dizolvă calcarul (Untersuchungen über das Korrosionsverhalten von Zementmörteln für Rohrauskleidungen in sauren kalklösenden Wässern). 3R International, vol. 22, nr. 5, mai 1983.

HAHN, E. Studiul procesului de lipire a benzilor de protecţie contra coroziunii la conductele îngropate (Untersuchung des Verklebungsvorganges von Korrosionsschutzbändern für erdverlegte Rohrleitungen). 3R International, vol. 22, nr. 5, mai 1983.

PESTKA, J. Protecţia catodică anticorosivă la cablurile de 110 kV cu compresiune (Kathodischer Korrosionsschutz von 110 kV-Gasaussendruckkabeln). 3R International, vol. 22, nr. 5, mai 1983.

VOGT, G. şi WIEDENHOFF, W. Încercări pe scară largă pentru determinarea viscozităţii necesare preîntîmpinării fisurilor la conductele cu pereţi groşi (Grossverfahren an dickwandigen Rohren zur Bestimmung der erforderlichen Zähigkeit für Rissarrest). 3R International, vol. 22, nr. 5, mai 1983.

RITTER, G. Un nou procedeu pentru verificarea presiunii interne la ţevile de apă căptuşite cu mortar din ciment (Ein neues Verfahren zur Innendruckprüfung von Wasserrohrleitungen mit Zementmörtelauskleidung). 3R International, vol. 22, nr. 4, apr. 1983.

HOFER, P. Structura unui sistem informaţional de reţea pentru o întreprindere de distribuţie a energiei electrice interconectată (Aufbau eines Netzinformationssystems für ein Querverbundunternehmen). 3R International, vol. 22, nr. 4, apr. 1983.

WEDEMEYER, H.-CHR. Valori orientative pentru compensaţii acordate în cazul deteriorării recoltelor în timpul construcţiei unor conducte (Orientierungswerte für die Entschädigung von Aufwuchsschäden in landwirtschaftlichen Kulturen, insbesondere beim Bau von Versorgungsleitungen). 3R International, vol. 22, nr. 4, apr. 1983.

FAHLBUSCH, F. Conductele forţate şi stăvilarele de la hidrocentrale (Power tunnels and penstocks : the economics re-examined). Water Power and Dam Construction, vol. 34, nr. 6, iun. 1982.

JANAKIRAM, K. S. şi SYAMALA RAO, B. C. Eroziunea provocată de jeturi cu ajutorul factorilor de producere a cavităţiei (Erosion of jets with cavitation inducers). Water Power and Dam Construction, vol. 34, nr. 8, aug. 1982.

MIMIKOU, M. Planificarea exploatării centralelor hidroelectrice (Operational flood routing for hydroelectric plants). Water Power and Dam Construction, vol. 34, nr. 9, sept. 1983.

MIYACHI, I. şi MIYAKI, K. Proiectul hidroenergetic de la Asahan din Indonezia. Partea a 2-a (Indonesia's Asahan hydro project — II). Water Power and Dam Construction, vol. 34, nr. 9, sept. 1983.

NARDINI, G. V. Evoluţii recente la turnurile de răcire (L'evoluzione delle torii di refrigerazione nell'ultimo decennio). La Termotecnica, vol. 57, nr. 3, mart. 1983.

CERNUSCHI, G. B. Transferul de căldură de la instalaţiile de captare solară la instalaţiile de înmagazinare a energiei ; cercetările făcute în vederea stabilirii unui sistem de fezabilitate maximă (Il trasferimento del calore dalla captazione solare all'accumulo : ricerca del sistema con il piu alto grado di flessibilità : I parte). La Termotecnica, vol. 37, nr. 3, mart. 1983.

ULRYCH, G. şi WEBER, E. Noi rezultate în domeniul agenţilor de răcire pentru reactoarele cu apă sub presiune (Neuere Ergebnisse zur Kühlmittelströmung in Druckwasserreaktoren). Atomkernenergie-Kerntechnik, vol. 42, nr. 4, iun. 1983.

LANGER, G. Noi rezultate experimentale asupra distribuţiei hidrogenului în rezervoarele de siguranţă ale reactorului după avarii care produc pierderi de agent de răcire (Neue Versuchsergebnisse zur Wasserstoffverteilung in Reaktor-Sicherheitsbehältern nach Kühlmittelverlust-Störfällen). Atomkernenergie-Kerntechnik, vol. 42, nr. 4, iun. 1983.

TSCHURLOVITS, M. Un sistem modern de supraveghere a apei pentru substanţe radioactive — cerinţe, optimizare şi măsurători pe rîul Dunărea (Ein modernes Wasserüberwachungssystem für radioaktive Stoffe — Anforderungen, Optimierung und Erfahrungen bei Donaumessungen). Atomkernenergie-Kerntechnik, vol. 42, nr. 4, iun. 1983.

BIRKLE, M. ş.a. SFKU — un sistem de supraveghere prin telemetrie pentru centrale nucleare (SKFU — Ein System zur Kernreaktorfernüberwachung). Atomkernenergie-Kerntechnik, vol. 42, nr. 4, iun. 1983.

ABUSHADY, Z. O schemă cu modul avansată pentru funcţiile de management pentru reactor şi pilele de combustie (Ein fortschrittliches Modulschema für die Reaktor — und Brennelement-Management-Funktionen). Atomkernenergie-Kerntechnik, vol. 42, nr. 1, 1983.

BOSEV, G. Studiu asupra metodelor şi rolului controlului automatic al conţinutului de cenuşă din cărbune şi a substanţei nearse din cantitatea înlăturată (Kasateljno tzeli, metodov i mesta avtomaticeskogo kontrolea zoly v ugle i nesgorevshei cheastiv v unesennyh veschestvah) Energhetika, vol. 34, nr. 5, mai 1983.

KARAGHIAUROV, L. şi ENEV, I. Studiul parametrilor sistemului de pulverizare cu moară cu bile şi tambur de tip SBM 370/850 de la centrala electrotermică de la Ruse şi sinteze CAP ale sarcinii sale optime (Issledovanie parametrov pyleprigotovleaiushchei sistemy s sharo-barabannoi meljuitzei tipa SBM 370/850 v TES „Ruse" i sintezirovanie SAR na eio optimaljnuiu nagruzku). Energhetika, vol. 34, nr. 5, mai 1983.

TOLEV, N. Îmbunătăţirea eficienţei economice în hidrotransportul sub presiune a zgurii şi cenuşii din cadrul centralelor termoelectrice (Po povysheniiu ekonomiceskoi effektivnosti pri ispoljzovanii napornogo ghidrotransporta shlakozoljnyh materialov TES). Energhetika, vol. 34, nr. 6, iun. 1983.

*) Rubrică întocmită de OIDE — ICEMENERG.

Academician
profesor doctor docent
REMUS RĂDULEŢ

În ziua de 6 februarie 1984 a încetat din viaţă profesorul doctor docent Remus Răduleţ, membru al Academiei Republicii Socialiste România, savantul român care de-a lungul a zeci de ani, pînă în ultima clipă a vieţii sale, a fost un înalt exemplu de dăruire, de muncă şi înţelepciune, demnitate şi cinste.

Prin munca sa neobosită pusă în slujba celor mai nobile idealuri, prin activitatea sa prestigioasă în inginerie, în învăţămîntul superior tehnic şi în cercetare, prin publicaţiile şi participarea activă, în organismele şi manifestările ştiinţifice interne şi internaţionale, a contribuit în mod direct la recunoaşterea unanimă peste hotare a şcolii electrotehnice româneşti, aducînd în acest fel mari servicii poporului şi ţării sale.

Remus Răduleţ s-a născut la Brădeni, în Transilvania, la 3 mai 1904, într-o familie de intelectuali legaţi de viaţa satului. După terminarea şcolii primare la Berivoi şi Brădeni şi a liceului la Sighişoara, Braşov şi Făgăraş, a fost admis la Facultatea de Electromecanică a Institutului Politehnic Timişoara, unde a obţinut în 1927 diploma de inginer electromecanic. Asistent la Catedra de Electrotehnică a aceluiaşi institut, a obţinut în 1928 o bursă de studii de specializare la Şcoala Politehnică Federală de la Zürich, unde şi-a pregătit şi prezentat teza de doctorat în ştiinţe tehnice privind teoria cuptoarelor cu inducţie fără fier. În acest timp, a avut fericitul prilej de a urmări cursurile şi conferinţele unor mari fizicieni şi matematicieni ai timpului, printre care Hermann Weyl, Wolfgang Pauli jr., Paul Scherrer şi Plancherel, iar în 1929 l-a cunoscut pe Albert Einstein, el însuşi fost elev al aceleiaşi şcoli. Aceste cursuri, precum şi ambianţa ştiinţifică a anilor 1928—1930, cînd au fost elaborate bazele fizicii cuantice, şi-au lăsat amprenta pe întreaga operă didactică şi ştiinţifică a profesorului Răduleţ.

Îndată după întoarcerea sa în ţară, în 1931, a desfăşurat o activitate variată, profundă, fertilă şi neîntreruptă.

Îşi va continua în primul rînd activitatea didactică, în calitate de conferenţiar şi profesor al Institutului Politehnic Timişoara, prezentînd cursuri cu un conţinut tehnic de înalt nivel, cum ar fi Producerea şi transportul energiei electrice, Maşini şi centrale electrice, Tehnica curenţilor slabi, precum şi cursuri de pregătire ştiinţifică generală, ca de exemplu Fizica. Acestea din urmă i-au permis să aprofundeze şi să cuprindă bazele ştiinţifice ale unor numeroase discipline tehnice, care îi vor servi la construirea unei noi concepţii a electrotehnicii teoretice.

În 1949 Universitatea din Bucureşti îi încredinţează cursurile de Teorie a cîmpului electromagnetic şi Introducere în teoria relativităţii restrînse, la Facultatea de Fizică şi Matematică. Simultan, el predă cursuri de electrotehnică şi de fizică atomică şi nucleară la Institutul de Căi Ferate din Bucureşti. Din 1951 a funcţionat ca profesor şef de catedră la Institutul

Politehnic din București, avînd ca sarcină predarea cursului de Bazele electrotehnicii pentru studenții de specialitate electrică, pînă în 1974, continuînd să activeze cu titlul de profesor onorific, pînă în ultimele momente ale vieții.

Spirit enciclopedic și patriot înfocat, moștenitor spiritual al marilor iluminiști transilvăneni, academicianul Remus Răduleț și-a consacrat o îndelungată perioadă a activității, redactării și publicării a două ediții ale Lexiconului Tehnic Românesc, prima în șapte volume cu circa cincizeci de mii de articole, publicată între 1949 și 1955, care a primit Premiul de Stat, iar cea de-a doua în nouăsprezece volume, cu circa optzeci de mii de articole, terminată în 1968.

Opera științifică a academicianului Remus Răduleț este vastă și variată, cuprinzînd peste două sute de note, cărți și manuale publicate, multe dintre acestea privind teoria și filozofia științelor.

Peste 30 de manuale didactice ocupă un loc aparte printre lucrările sale, fiind probabil unice prin diversitatea lor. Printre acestea cursurile de Bazele Electrotehnice și culegerile de Probleme de Electrotehnică sînt remarcabile prin originalitatea expunerii.

Problemele de energetică și electrificare a țării l-au preocupat în permanență în perioada în care a condus, în calitate de director, Institutul de Energetică al Academiei Republicii Socialiste România.

El este inițiatorul și coordonatorul a numeroase cercetări importante și de largă perspectivă elaborate în acest institut.

A avut contribuții directe, de o deosebită importanță, în domeniul parametrilor tranzitorii ai circuitelor și liniilor electrice sau al sintezei rețelelor și echivalării sistemelor electroenergetice vaste.

Sînt de amintit lucrările de recenzare și inventariere a resurselor hidroenergetice și termoenergetice în scopul utilizării lor raționale sau cele privind utilizarea combustibililor solizi inferiori. Multe din cercetările privind stabilirea caracteristicilor fizico-chimice și energetice ale ligniților, modalitățile de îmbunătățire a acestora, metodele și instalațiile adecvate utilizării lor energetice optimale, focarele cu grătare cu împingere răsturnată sau cu mori ventilator au fost inițiate la Institutul de Energetică al Academiei R.S.R. în perioada în care Remus Răduleț a condus activitatea institutului. De asemenea, o altă serie de cercetări cu largă aplicabilitate azi, ca introducerea termoficării urbane și industriale, utilizarea presiunii de zăcămînt a gazelor naturale în scopuri energetice etc., reflectă corecta orientare a activității de cercetare spre o valorificare directă, eficientă. Tot din acei ani datează și elaborarea unei metodologii de optimizare a bilanțului energetic al țării, problemă la zi acum în contextul crizei energiei. În aceste realizări în cadrul Institutului de Energetică, s-a aflat meritul de necontestat al academicianului Remus Răduleț, care a imprimat o orientare fermă cercetărilor desfășurate în vederea dezvoltării rapide a energeticii românești și a rezolvării problemelor majore ale economiei țării.

Pentru meritele sale științifice profesorul Răduleț a fost ales membru corespondent (în 1955) și membru titular (în 1963) al Academiei Române, care i-a încredințat sarcina de președinte al Secției de științe tehnice și vicepreședinte al Academiei. El a fost, de asemenea, membru al Academiei Saxone de Științe din Leipzig și al Academiei Lumii Latine de la Paris. Ales mai întîi vicepreședinte al Comisiei Electrotehnice Internaționale (CEI) (1961—1964) și apoi președinte al acestei Comisii (1964—1967), el a fost în continuare președintele Comitetului nr. 1 al Comisiei.

Personalitate de înalt prestigiu a școlii românești de fizică și electrotehnică teoretică, dascăl al 45 de generații de fizicieni, ingineri și specialiști și director al Universității cultural-științifice din București, eminent profesor și om de știință, specialist de renume internațional, academicianul Remus Răduleț a adus o contribuție deosebită la dezvoltarea și ridicarea prestigiului științei și tehnicii din țara noastră, la afirmarea acestora peste hotare.

Dispariția academicianului profesor Remus Răduleț reprezintă o pierderea grea pentru știința și tehnica românească, iar amintirea sa ca om de știință cu probitate profesională și morală exemplară, va rămîne nestearsă pentru toți oamenii de știință din țara noastră.

COLEGIUL DE REDACȚIE

Abonaţi-vă la

Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veţi fi bine informaţi, în principal asupra activităţii din domeniul energetic din ţara noastră precum şi din alte ţări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil şi de energie electrică în centralele electrice, reducere şi eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în reţelele electrice, creştere a siguranţei în funcţionarea sistemului energetic şi a elementelor acestuia, extindere şi creştere a eficienţei termoficării, creştere a productivităţii muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecţie a mediului înconjurător şi a instalaţiilor energetice, surse noi, reînnoibile şi noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmăreşte, de asemenea, informarea specialiştilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid şi de stat, noutăţilor tehnice din ţară şi din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic şi în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii româneşti.

. . . . . .

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea
Subsemnatul . . . . . Cod SIRUIES . . . . . .

din localitatea . . . . . str. . . . . nr. . . . . bl. . . .

sc . . . . . et. . . . . ap. . . . sect . . . . cod poştal . . . . . telefon . . . . . .

. . . . . .judeţul . . . . . .solicit . . . . . abonament(e) care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei . . . . . am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01., BN RSR fil. 3, Bucureşti, cod 74568, prin m.p.nr. . . . . din . . . . . sau la casieria ICEMENERG / REDACŢIEI cu chitanţa . . . . . nr . . . . . din . . . . . .

Data . . . . . .

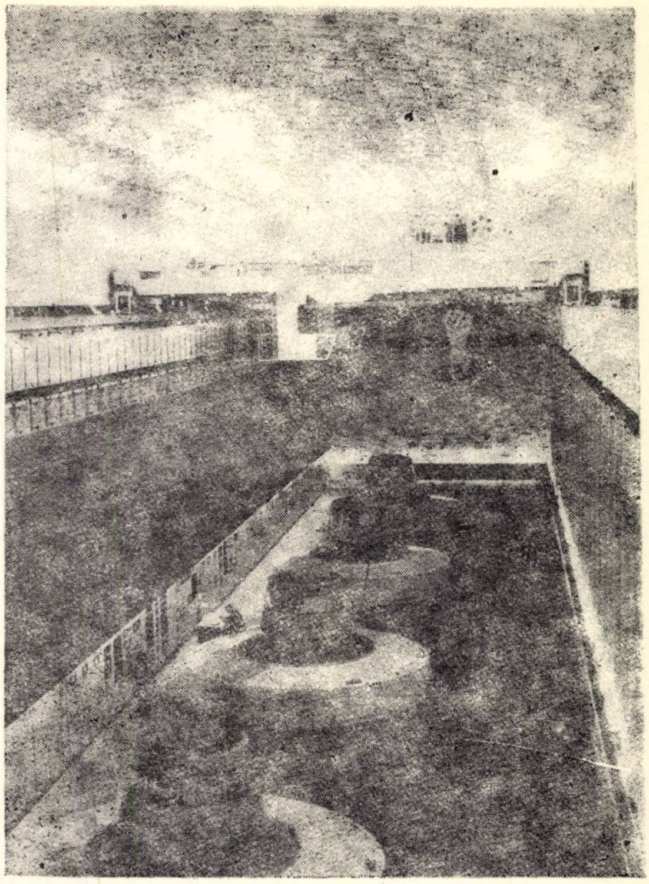
Semnătura . . .

. . . . . .

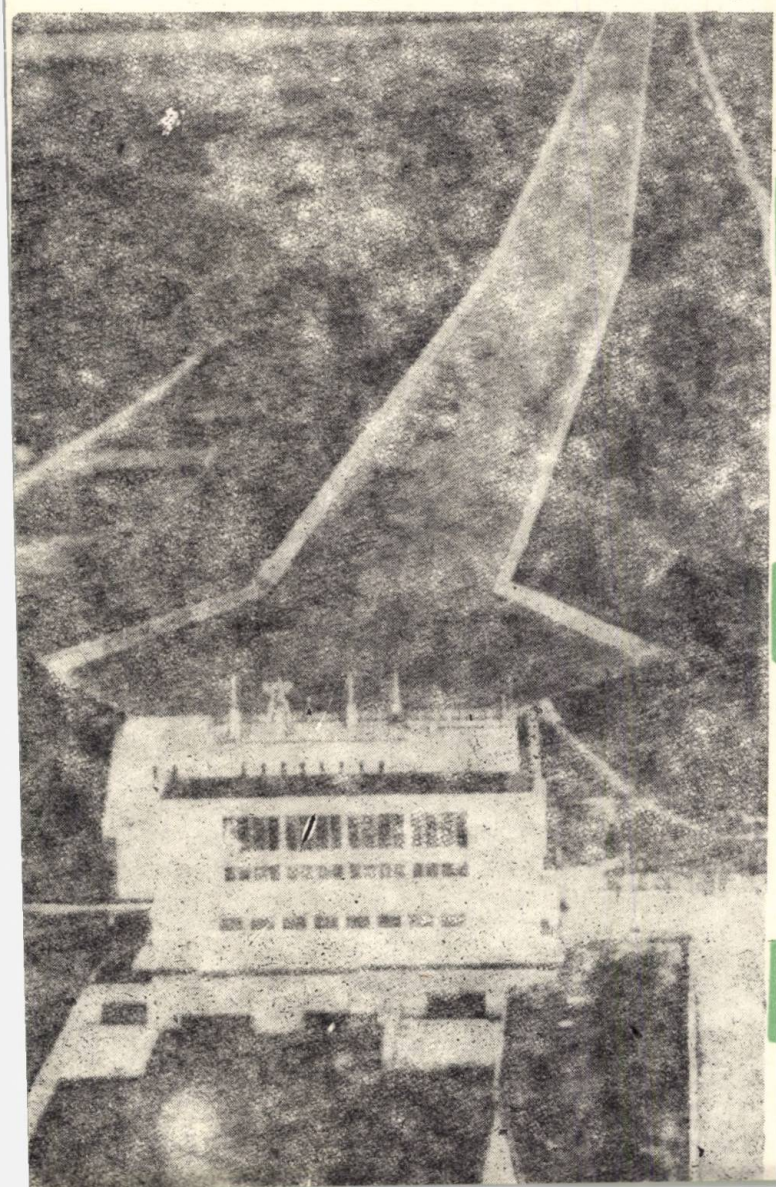
MAGYAR MŰSZAKI INFORMÁCIÓS TÁRSASÁG 1883

I.S.P.H.

INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI HIDROENERGETICE



ISPH-Designing Institute with complex profile offers :



RIVER BASIN DEVELOPMENT STUDIES

- hydroelectric developments
- multipurpose hydraulic developments
- special hydraulic structures

SPECIAL ACTIVITIES

- hydrological and hydrogeological studies
- engineering-geological investigations
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations
- topographical surveys and mapping

SPECIAL SERVICES

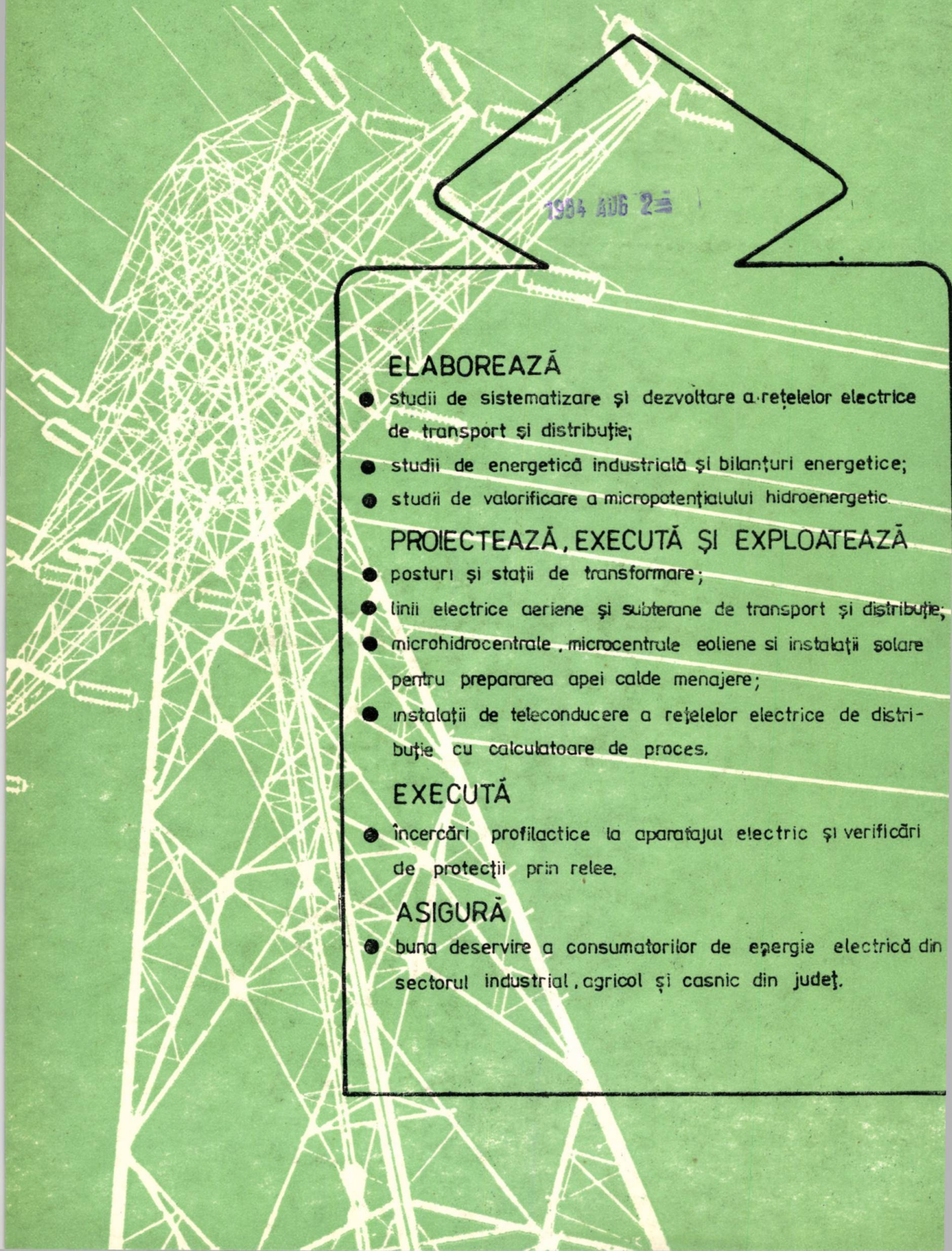
- preliminary studies and designs
- feasibility studies
- final designs
- detailed construction drawings
- tender documents and contracts
- inspection and supervision
- expert's reports

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest,
Romania,
Phone 147270 Telex 11 443 i s p h r

I R E SUCEAVA

Str. Ştefan cel Mare nr. 24 Suceav

1984 AUG 2



ELABOREAZĂ

- studii de sistematizare şi dezvoltare a reţelelor electrice de transport şi distribuţie;
- studii de energetică industrială şi bilanţuri energetice;
- studii de valorificare a micropotenţialului hidroenergetic.

PROIECTEAZĂ, EXECUTĂ ŞI EXPLOATEAZĂ

- posturi şi staţii de transformare;
- linii electrice aeriene şi subterane de transport şi distribuţie;
- microhidrocentrale, microcentrule eoliene si instalaţii solare pentru prepararea apei calde menajere;
- instalaţii de teleconducere a reţelelor electrice de distribuţie cu calculatoare de proces.

EXECUTĂ

- încercări profilactice la aparataşul electric şi verificări de protecţii prin relee.

ASIGURĂ

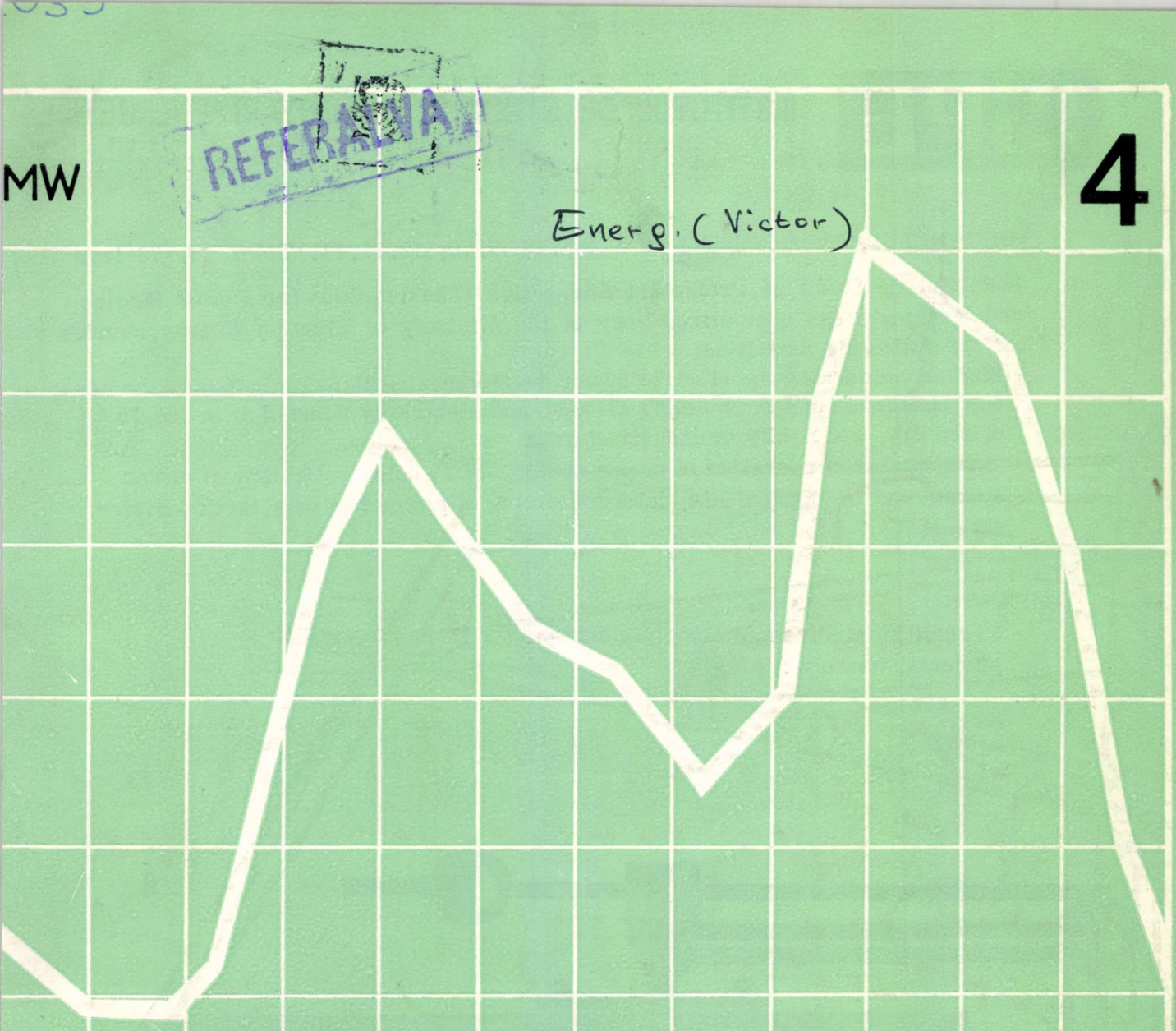
- buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol şi casnic din judeţ.

MW

REFERATIVA

Energ. (Victor)

4



energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREŞTI
APRILIE 1984

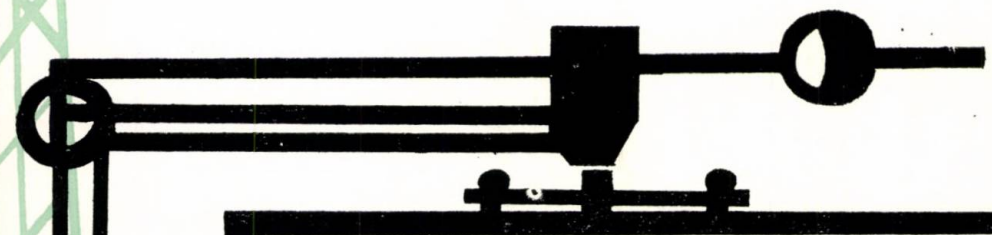
MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI 30 • BD. LACUL TEI NR.1 • SECTOR 2
TELEGRAME I.S.P.E. – BUC. TELEX 10.978 – TELEFON 12.19.70

BUCUREŞTI, Bd. Lacul Tei nr. 1 Tel. 12.19.70; 12.71.41. Telex 10.978 ispe

Institutul de Studii şi Proiectări Energetice (The Institute for Power Studies and Designs), the specialized body of the Ministry of Electric Energy, carries out the following activities:

- Studies concerning the electric power development – planning including the power resources and the meeting of heat and electricity demand at the scale of country, zone, city or industrial area
- Optimization of operation of power system as a whole, reliability of power system and its components, interconnection of power systems, tariff policies, etc.

- Feasibility studies and complete designs for large power projects, namely :



. thermal power plants on steam or cogeneration including mechanical, electrical, automation, cooling installations civil and architectural works, fuel handling plant, water treatment etc. ;
. transformer substations and transmission lines up to 750 kV;
. heat supply networks in urban and industrial areas ;
. dispatching and computer centers, control computers in power installations, including programmes and software ;
. information and management projects in the power field by means of electronic computers including technical assistance for analysis and programming.

- Supervision, advice and checking during the erection and commissioning of power installations.

In its 35 years of activity ISPE carried out the designs for more than 30 thermal power plants with a total capacity of about 10,000 MW, for more than 50,000 MVA power substations and for over 7,000 km transmission lines of 220 – 750 kV.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS HÖZPONTÉS KÖNYVTÁR 1883

ANUL 32 **4** APRILIE 1984

Cuprinsul

Al. Florescu, Natalia Burchiu, T. Dragomir
Pompe de căldură de mare capacitate pentru recuperarea căldurii din apele tehnologice de răcire din cadrul platformei industriale Brazi 149–153

C. Popescu, Şt. Marin, M. Lauric
Concepţia de ansamblu şi soluţiile tehnologice aplicate în execuţia heliostatelor pentru centrala solară cu ciclu termodinamic de înaltă temperatură 154–161

D. M. Potlog, C. Popescu, I. Turcu
Acţionarea electrică în curent alternativ a heliostatelor unei centrale solaro-electrice cu turn 161–168

V. Vărzaru, M. Lauric, T. Molnar
Concentrator parabolic pentru centrale solaro-electrice cu concentrare distribuită 168–173

M. Stoian, V. Teodorescu, Vl. Vorobchievici
Alegerea amplasamentului şi concepţiei de plan general pentru centrala solaro-electrică experimentală de 1 MWe 173–176

Al. Mihăilă, I. C. Bilegan, Adriana Predica, C. I. Staicu
Unele efecte ale acumulării căldurii în sistemele de termoficare 177–180

Gh. Voicu, Cr. Ţânţăreanu, M. Tudor
Grupul aerogenerator tip SAG 180–185

Cr. Ţânţăreanu
Generatorul asincron cu dublă alimentare — o soluţie pentru grupuri energetice neconvenţionale 185–189

De la Comitetul Naţional Român al Conferinţei Mondiale a Energiei 190–191

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M. Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Mălereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel** (secretar redacţie)
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu**

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8, Sector 3, Telefon: 20 67 30, 21 46 30

Cd. 2130

I. P. „INFORMAŢIA" str. Brezoianu nr. 23–25, sector 6

Lei 12

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista „Energetica" se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3, Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25, c. 2130.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

Readers from abroad can subscribe through :

ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex : 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3.

СОДЕРЖАНИЕ

Ал. Флореску, Наталия Буркиу, Т. Драгомир, М. Гицулеску: **Тепловые насосы большой емкости для рекуперации тепла из технологических охлаждающих вод в рамках промышленной площадки Бразь** 149—153

К. Попеску, Шт. Марин, М. Лаурик: **Общая разработка и технологические решения, использованные в выполнении гелиостатов для солнечных станций с теплодинамическим высокотемпературным циклом** 154—161

Д. М. Потлог, К. Попеску, И. Турку: **Электрический привод в переменном токе гелиостатов башенной солнечной электростанции** 161—168

В. Вэрзару, М. Лаурик, Т. Молнар: **Параболический концентратор для солнечных электростанций с распределенной концентрацией** 168—173

М. Стоян, В. Теодореску, Вл. Воробкиевич: **Выбор расположения и разработка общего плана для экспериментальной солнечной электростанции в 1 МВтэл** 173—176

Ал. Михэилэ, И. К. Билеган, Адриана Предика, К. И. Стайку: **Некоторые эффекты аккумулирования тепла в теплофикационных системах** 177—180

Г. Войку, К. Цынцэряну, М. Тудор: **Аэродинамический агрегат типа САГ** 180—185

К. Цынцэряну: **Асинхронный генератор двойного питания — решение для энергетических неклассических агрегатов** 185—189

От Румынского Национального Комитета Мировой Конференции по Вопросам Энергии 190—191

INHALTSVERZEICHNIS

Al. Florescu, Natalia Burchiu, T. Dragomir, M. Ghiţulescu: **Hochleistungswärmepumpen zur Wärmerückgewinnung aus dem technologischen Kühlwasser in dem Industriekomplex Brazi** 149—153

C. Popescu, Şt. Marin, M. Lauric: **Der Grundkonzept und die technologischen Lösungen für die Durchführung der Sonnenkollektoren für das Solarkraftwerk mit thermodynamischen Kreislauf hoher Temperatur** 154—161

D. M. Pollog, C. Popescu, I. Turcu: **Der Wechselstromantrieb der Sonnenkollektoren eines Solarkraftwerkes mit Turm** 161—168

V. Vărzaru, M. Lauric, T. Molnar: **Parabolischer Sonnenkollektor für solarelektrische Kraftwerke mit verteilter Konzentration** 168—173

M. Stoian, V. Teodorescu, Vl. Vorobchievici: **Die Auswahl der Platzanordnung und der allgemeinen Plankonzeption für das experimentelle 1 MWe solarelektrische Kraftwerk** 173—176

Al. Mihăilă, I. C. Bilegan, Adriana Predica, C. I. Staicu: **Einige Auswirkungen der Wärmespeicherung in Heizsystemen** 177—180

Gh. Voicu, Cr. Ţânţăreanu, M. Tudor: **Der Windgeneratorblock vom Typ SAG** 180—185

Cr. Ţânţăreanu: **Der Asynchrongenerator mit Doppelspeisung — eine Lösung für nichtkonventionelle Energieanlagen** 185—189

Vom rumänischen Nationalkomitee der Weltenergiekonferenz 190—191

SOMMAIRE

Al. Florescu, Natalia Burchiu, T. Dragomir, M. Ghiţulescu: **Pompes de chaleur de grande capacité pour la récupération de la chaleur des eaux technologiques appartenant à la plate-forme industrielle Brazi** 149—153

C. Popescu, Şt. Marin, M. Lauric: **La conception d'ensemble et les solutions technologiques appliquées dans l'exécution des héliostats pour la centrale solaire à cycle thermodynamique de haute température** 154—161

D. M. Pollog, C. Popescu, I. Turcu: **Actionnement électrique en courant alternatif des héliostats d'une centrale solaire-électrique à tour** 161—168

V. Vărzaru, M. Lauric, T. Molnar: **Concentrateur parabolique pour les centrales solaires-électriques à concentration distribuée** 168—173

M. Stoian, V. Teodorescu, Vl. Vorobchievici: **Sélection de l'emplacement et la conception de plan général pour la centrale solaire-électrique expérimentale de 1 MWe** 173—176

Al. Mihăilă, I. C. Bilegan, Adriana Predica, C. I. Staicu: **Certains effets de l'accumulation de la chaleur dans les systèmes de chauffage urbain** 177—180

Gh. Voicu, Cr. Ţânţăreanu, M. Tudor: **Groupe aérogénérateur de type SAG** 180—185

Cr. Ţânţăreanu : **Générateur asynchrone à double alimentation — une solution pour les groupes énergétiques non-conventionnelles** 185—189

Du Comité Naţional Roumain de la Conférence Mondiale de l'Enérgie 190—191

SUMMARIES

DC 621.181.63

Al. Florescu, Natalia Burchiu, T. Dragomir, M. Ghiţulescu : **High Capacity Heat Pumps for Heat Recovery from Technological Cooling Waters at the Industrial Complex Brazi**

The paper presents the conclusions of the analysis carried out to ascertain the secondary energy sources thermal potential, i.e. of the technological cooling water at the industrial complex Brazi, as well as the possibilities for its partial recovery by 6.3 Gcal/h heat pumps used to preheat the water from the urban district heating network return from the thermal power plant Brazi.

The results and the conclusions of the general analysis carried out to establish the energetic and economic efficiency of compressor heat pumps used in hot water district heating systems as well as the results of technical and economic calculations carried out for the particular case of the experimental 6.3 Gcal/h heat pump facility at the thermal power plant Brazi are shown as well.

[Energetica 32 (1984), nr. 4, p. 149—153]

DC 662.997 : 563.7

C. Popescu, Şt. Marin, M. Lauric : **The General Concept and the Technological Solutions Used for the Execution of Heliostats for the High Temperature Thermal Dynamic Cycle Solar Plant**

The purpose of this paper is to present a description of a heliostat designed by the Energy Research and Modernizing Institute as a candidate for a central solar electrical power plant usage along with some selected test methodology and performance results.

The optical analysis of the system was determined by a combination of component level and system level testing. For experimentation, large mirror modules were constructed of steel frames.

The technology and power performance of two mirror modules (Ag, Al) is summarized.

A total surface area of 40.96 m² was also dictated, based upon estimated wind loading at the time and the receiver's cavity size and total cost per unit energy put into the cavity.

[Energetica 32 (1984), nr. 4, p. 154—161]

DC 621.83 : 621.3.025

D. M. Potlog, C. Popescu, I. Turcu : **Electric Alternative Current Drive of a Solar Electric Tower Focussing Concentrators Plant**

For the correct operation of a solar electric tower plant the continuous radiation maintaining reflected from the focussing concentrators on the receiver (solar boiler) is to be assured. Considering the daily apparent movement of the sun each concentrator must carry out a series of orientation movements upwards as well as on the azimuth.

The paper presents the types and characteristics of the movements to be carried out by the focussing concentrators with an analysis of the operation regimes observed for establishing the concentrators'movement laws inside the solar radiation reception field.

The operation regimes for the electric drive motors have been settled down and the obtained characteristics have been used as a basis for the choice of the necessar electric motors including the main construction and operational elements of the speed reduction unit.

Further, the laboratory tests, results obtained on the test stand for the asynchronous tri-phasic motors as well as of the drive and control systems are shown.

[Energetica 32 (1984), nr. 4, p. 161—138]

DC 662.997.002.5

V. Vărzaru, M. Lauric, T. Molnar : **Parabolic Dishes for Distributed Concentration Solar-Electric Power Plants**

The paper deals with the main research directions of the Energy Research and Modernizing Institute concerning the construction of a parabolic dish meant for the distributed concentration solar electric power plants, which operate on a Rankine thermodynamic cycle or with a Stirling engine.

The authors present the most important data and technical solutions for the on-line tracking system, for the dish truss and also for the reflecting surface, solar receiver and its mobile ducts.

[Energetica 32 (1984), nr. 4, p. 168—173]

DC 662.997.002.1

M. Stoian, V. Teodorescu, Vl. Vorobchievici : **Choosing the Location and General Plan Concept for the Experimental 1 MWe Solar Electric Plant**

The paper presents shortly the general plan solutions for a solar electric plant. The different variants of the general arrangement of the equipment and power buildings, mainly of the concentrators'field are comparatively analyzed. The specific requirements for the location choice of solar power plants are presented.

[Energetica 32 (1984), nr. 4, p. 173—176]

DC 697.34 : 66.012

Al. Mihăilă, I. C. Bilegan, Adriana Predica, C. I. Staicu : **Some Effects of Heat Storage in District Heating Systems**

The paper presents the influence of heat storage in transport networks and in storage facilities upon the heat transport distance, influence which causes the important increase of this distance.

The possibility to involve storage facilities in covering a part of the thermal peak load within the district heating system is analyzed as well as the term "storage coefficient" as a measure of this involvement is introduced.

[Energetica 32 (1984), nr. 4, p. 177—180]

DC 621.311.24 : 621.313.12

Gh. Voicu, Cr. Ţânţăreanu, M. Tudor : **SAG Type Windgenerator Unit**

The project and main characteristics of the SAG 01 wind generator pilot unit for research appliances is presented.

SAG 01 is a windgenerator with a three-blade horizontal axis rotor operating upwind. The rotor diameter is 18.7 m. At a wind speed of 15.6 m/s it provides 200 kW at the generator terminals. The power control (up to 25 m/s) is achieved by changing the blades pitch.

The unit is dimensioned to resist, with the blades in feathered position, a wind of 80 m/s, since it is designed to be operated in a high mountain area.

SAG 01 is the "head" of a family of windgenerators, their rated power ranging between 120 and 200 kW (SAG 02 — SAG 05), each one having minimal adaptations, meant to be used in the mountain area as well as on the Black Sea side.

[Energetica 32 (1984), nr. 4, p. 180—185]

DC 621.313.332

Cr. Ţânţăreanu : **The Double Fed Asynchronous Generator — A Solution for Non-Conventional Energy Units**

The equipping of non-conventional energy units connected to the system with asynchronous double fed generators, with frequency rectifier in the rotor circuit provides the continuous speed regulation of the unit.

The paper insists on the feasibility, advantages and applications of a particular scheme : double direct supply, of the rotor as well as of the stator, with network frequency voltages. Laboratory test results on an asynchronous series machine of 3.2 kW have stated the theoretical premises.

This solution is intended to be applied at two speeds windgenerators and at turbogenerators with organic fluids operating at 6000 rot/min in a power range of 0.1 . . .1 MW.

[Energetica 32 (1984), nr. 4, p. 185—189]

From the Romanian National Comittee of the World Energy Conference 190—191

Pompe de căldură de mare capacitate pentru recuperarea căldurii din apele tehnologice de răcire din cadrul platformei industriale Brazi*)

Ing. Al. Florescu, ing. Natalia Burchiu, ing. T. Dragomir, ing. M. Ghițulescu **

Considerații generale

Inventarierea și analiza resurselor energetice secundare de potențial termic scăzut, sub forma apelor de răcire necesare în procesele tehnologice ale unităților industriale grupate pe marile platforme din țara noastră, a confirmat și pus în evidență existența unor cantități semnificative de căldură, care se disipează în mediul ambiant prin intermediul turnurilor de răcire.

Platforma industrială Brazi, care face, din acest punct de vedere, obiectul de studiu al prezentei lucrări, constituie un furnizor important de apă de răcire.

Astfel, la Combinatul Petrochimic, dată fiind natura proceselor tehnologice, rezultă debite importante de apă de răcire la diferitele sectoare de prelucrare a țițeiului și anume : Rafinăria, Uzina Petrochimică și Uzina de cauciuc.

Un alt producător de ape de răcire în cadrul platformei este CET—Brazi, care prin turnurile de răcire aferente grupurilor de condensație disipează în atmosferă cantități importante de căldură conținută în apa de răcire provenind de la condensatoare, răcitoarele de ulei și răcitoarele generatoarelor electrice.

Avînd în vedere nivelul relativ scăzut de temperatură al apelor de răcire inventariate în cadrul platformei, utilizarea directă a căldurii conținute în aceste ape, cu excepția unor aplicații posibile, dar limitate, de timpul încălzirii solului în agricultură sau încălzirea serelor și solariilor în sisteme special concepute, nu poate fi luată în discuție decît în proporții foarte restrînse în raport cu mărimea resurselor disponibile.

Pompa de căldură, ca instalație capabilă să recupereze căldura de potențial scăzut în scopul valorificării la un nivel termic mai ridicat, corespunzător scopului urmărit (încălzire spațială, prepararea apei calde de consum sanitar — menajer sau tehnologic), poate constitui un mijloc eficient de ridicare a potențialului termic al apelor de răcire în scopul utilizării căldurii la nivelul termic solicitat de consumatorii de tipul menționat.

* Comunicare prezentată la Conferința Națională de Energetică — București, 23—25 noiembrie 1983.

** Ing. Al. Florescu este cercet. pr. gr. II, ing. Natalia Burchiu, ing. M. Ghițulescu sînt cercetători gr. III și ing. T. Dragomir cercet. șt. la ICEMENERG-Buc.

1. Evaluarea potențialului termic al apelor de răcire și a consumurilor netehnologice de căldură de nivel moderat în zona Brazi—Ploiești

În urma inventarului efectuat în cursul anului 1983 a rezultat că prin turnurile de răcire din cadrul Combinatului Petrochimic Brazi se vehiculează următoarele debite de apă de răcire :

	Debit [m³/h]	
	Maxim orar	Mediu orar
— La turnurile de răcire ale rafinăriei	28757	24000
— La turnurile de răcire ale Uzinei Petrochimice	12506	11000
— La turnurile de răcire ale Uzinei de cauciuc	6989	5800
Total	48252	40800

Debitul mediu orar de căldură rezultat este de 262 Gcal/h, pentru temperaturi ale apelor de răcire care, în funcție de procesul tehnologic din care provin, se înscriu în intervalul 26...35°C. Ecartul mediu de răcire considerat este de circa 6,4 gr.

Pentru o durată medie anuală de existență a resursei de 8000 h/an, rezultă un potențial termic mediu anual al apelor de răcire inventariate în cadrul combinatului, de circa 2,069 mil. Gcal, sau în echivalent combustibil 296 mii tcc/an. Debitul mediu orar de apă de răcire vehiculată la turnurile din cadrul CET-Brazi este de circa 40000 m³/h, intervalul de variație a temperaturilor apei la plecare către turnuri fiind 20...35°C, temperaturile cele mai scăzute fiind înregistrate în special în lunile de iarnă, adică exact în perioada de existență a necesarului de căldură pentru încălzire urbană, sere etc. Considerînd un ecart mediu de răcire a apei de circa 5 gr rezultă un potențial termic al sursei de circa 200 Gcal/h. Durata medie anuală de existență a sursei depinde în acest caz de regimul de funcționare a grupurilor de condensație, funcționarea grupurilor de termoficare urbană în coadă de condensație fiind dictată de scăderea necesarului de căldură, cunoscută fiind dependența necesarului de încălzire de factorii climatici externi.

Trebuie subliniat, de asemenea, faptul că la o serie de centrale electrice — între care și CET—Brazi — s-au luat măsuri de reducere a căldurii evacuate prin apele de răcire, între care utilizarea fasciculelor înglobate, care preiau căldura aburului din condensator pentru preîncălzirea apei din returul rețelei de termoficare urbană sau montarea diafragmelor etanșe, care reduc la minimum căldura evacuată prin abur la condensator.

Analiza consumurilor termice de nivel moderat (încălzire spațială, apă caldă de consum) din zona Brazi — Ploiești, a evidențiat ca principali consumatori serele legumicole, municipiul Ploiești și Combinatul Petrochimic pentru partea de consum netehnologic destinat încălzirii spațiilor de lucru și anexelor. Necesarul de căldură maxim orar aferent acestor consumatori se cifrează la aproximativ 790 Gcal/h, din care consumul urban reprezintă 250 Gcal/h (32%), diferența fiind reprezentată de consumul serelor legumicole, alimentate cu căldură din CET—Brazi prin rețea separată de cea urbană, datorită caracteristicilor diferite ale acestui tip de consumator.

Durata medie a sezonului de încălzire pentru consumatorii urbani situați în această zonă climatică este de circa 4000 ore/an, așa cum rezultă și din curba clasată a necesarului de căldură prezentată în figura 1.

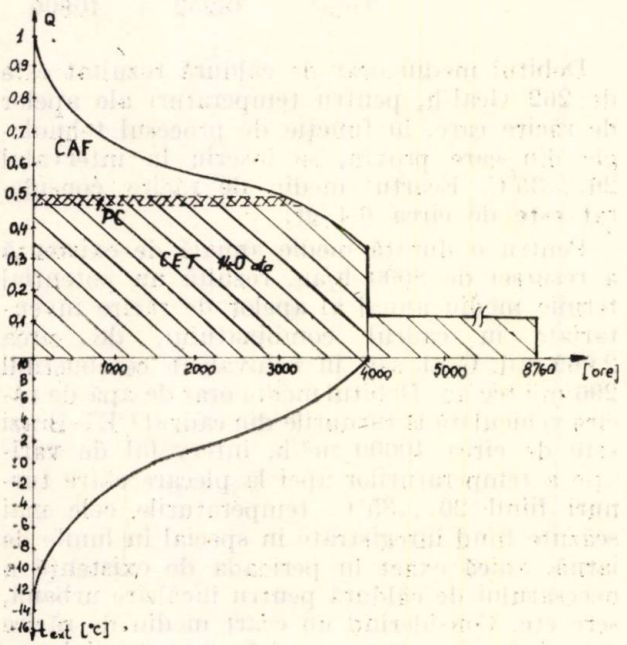


Fig. 1. Curba clasată a necesarului de căldură pentru încălzire și apă caldă pentru zona climatică Brazi—Ploiești

Necesarul mediu orar de căldură aferent preparării apei calde de consum reprezintă 12,5% din valoarea necesarului total de căldură la vîrf (la $t_{ext} = -15$°C), ceea ce în cazul municipiului Ploiești înseamnă aproximativ 32Gcal/h.

2. Analiza generală a eficienței energetice și economice a utilizării pompelor de căldură cu compresor în sistemele de termoficare cu apă fierbinte

Avantajele energetice ale pompei de căldură rezultă din faptul că energia termică livrată consumatorilor, ca sumă a căldurii preluate de la sursa de temperatură scăzută și a energiei mecanice consumate pentru antrenarea compresorului, este întotdeauna mai mare decît energia mecanică absorbită.

Raportul supraunitar dintre căldura utilă obținută și energia de antrenare consumată, denumit coeficient de performanță sau eficiență, are valori cuprinse între 4 și 6 pentru înălțimi de pompare a căldurii (HT) de ordinul 50, respectiv 25 grade.

Dacă se ține seama că energia de antrenare se produce într-un proces energetic care transformă energia primară cu un randament de circa 0,33, rezultă că eficiența generală devine 1,32, respectiv 2, performanțe în orice caz superioare eficienței de 0,8...0,9 cu care se produce căldura în centrale termice (cazane de apă caldă, cazane de apă fierbinte etc). În aceste condiții consumul specific de energie primară aferent pompei de căldură este de circa 100, respectiv 70 kg c.c./Gcal.

Analizele detaliate ale eficienței pompelor de căldură în diferite condiții de funcționare au evidențiat următoarele domenii de competitivitate energetică, în raport cu procedeele clasice de producere a căldurii la aceleași temperaturi:

— față de încălzirea electrică:
în toate situațiile;

— față de centralele termice:
pentru $HT<60$ grade;

— față de termoficare cu cazane:
40 at: pentru $HT<40$ grade;
100 at: pentru $HT<30$ grade;
140 at: pentru $HT<10$ grade.

În centralele termoelectrice și de termofi care apele de răcire provenite de la condensatoare, răcitoarele de ulei și răcitoarele generatoarelor electrice au temperaturi de ordinul 20...30°C.

Rezultă că, utilizînd aceste surse, pompa de căldură realizează economii de energie primară dacă temperatura apei calde livrate nu depășește următoarele valori:

80...90°C — în cazul în care se înlocuiește căldura produsă în centrale termice;

60...70°C — în cazul în care se înlocuiește căldura produsă în termoficare cu parametri inițiali 40 at, 450°C;

50...60°C — în cazul în care se înlocuieşte căldura produsă în termoficare cu parametrii iniţiali 100 at, 540°C;

30...40°C — în cazul în care se înlocuieşte căldura produsă în termoficare cu parametrii iniţiali 140 at, 570°C.

În general, schema de încadrare a unei pompe de căldură de mare capacitate ca sursă centralizată în sistemele de termoficare urbană prevede utilizarea acesteia pentru preîncălzirea apei returnate de la consumatori, pînă la nivelurile de temperatură a căror valoare medie, iarna, se situează în domeniul 50...60°C. În aceste condiţii pompa de căldură este aproximativ echivalentă cu termoficarea cu parametrii iniţiali 100 at, 540°C, superioară energetic faţă de termoficarea cu parametrii iniţiali 40 at, 450°C şi mai puţin avantajoasă decît termoficarea cu parametrii iniţiali 140 at, 570°C.

În cazul în care pompa de căldură se cuplează la un sistem de termoficare cu apă fierbinte, cu grafic de reglare 150/70°C, în care există şi turbine mari cu parametrii iniţiali 140 at, 570°C, cu prize pentru termoficare urbană, funcţionarea pompei de căldură trebuie să fie astfel realizată încît ea să substituie nu căldură livrată din prize, ci numai căldură produsă mai puţin avantajos prin ardere de combustibil în cazane de apă fierbinte sau cazane de abur. Respectarea acestei condiţii limitează funcţionarea pompei de căldură la perioada în care prizele de termoficare nu fac faţă cerinţelor consumatorilor, perioadă care, în cazul unui coeficient de termoficare $\alpha_{CET} = 0{,}3$, are, în funcţie de condiţiile climatice, o durată de 3000—4000 ore/an.

Se menţionează că această poziţie a pompei de căldură în raport cu termoficarea este valabilă în ipoteza în care sursă de termoficare produce căldură la temperatura perfect corespunzătoare necesităţii consumatorilor.

În cazul în care căldura livrată în termoficare este la temperaturi mai mari (datorită neconcordanţei presiunii prizelor cu cerinţele consumatorilor), avantajele termoficării se diminuează şi poziţia relativă a celor două sisteme s-ar putea schimba.

Pentru valorificarea surselor de apă caldă existente în cadrul centralelor termoelectrice şi de termoficare pot fi avute în vedere două tipuri de pompe de căldură cu compresor, cu următoarele caracteristici:

	GPC—630,2	GPCT—6300,4
— Puterea termică [Gcal/h]	0,63	6,3
— Temperatura maximă a apei livrate consumatorilor [°C]	55	80
— Puterea electrică nominală absorbită [kW]	160	1800
— Temperatura apei la vaporizator [°C]	30...35	23...35
— Debit de apă la vaporizator [m³/h]	100	1000
— Debit de apă la condensator [m³/h]	63	630
— Economia anuală netă de energie primară la funcţionarea în regim nominal [tc.c./an]		
·3000 h/an	150	1200
·4000 h/an	200	1600
·5000 h/an	250	2000

Pompa de căldură de 0,63 Gcal/h poate fi utilizată în centralele electrice pentru prepararea apei calde necesară consumatorilor interni sau din imediata apropiere a centralei (apă de adaos, apă caldă sanitară). Căldura reziduală necesar a fi asigurată la vaporizator este aproximativ echivalentă cu căldura evacuată la răcitoarele de ulei şi de hidrogen ale unui grup turbogenerator de 50 MW.

Pompa de căldură de 6,3 Gcal/h necesită racordarea la un sistem de alimentare de căldură la distanţă şi ar putea fi utilizată ca sursă complementară de căldură, alături de grupurile de termoficare şi cazanele de apă fierbinte.

Pentru ca o asemenea soluţie să fie eficientă şi din punct de vedere economic, este necesar ca valoarea economiei de energie primară, considerată la preţul combustibilului din import, să depăşească o anumită valoare minimă suficientă pentru a permite recuperarea investiţiilor suplimentare într-un termen rezonabil (mai scurt decît 12,5 ani).

Din studiile preliminare elaborate în anul 1981 de ICEMENERG, care au analizat implementarea pompelor de căldură de mare capacitate în cadrul sistemelor de termoficare urbană bivalente (cu turbine de termoficare şi cazane de apă fierbinte) în condiţiile preţului combustibilului importat de 2950 lei/t c.c., au rezultat următoarele concluzii principale privind eficienţa economică a pompelor de căldură:

— la centralele de termoficare cu grupuri cu parametrii iniţiali de 40 at, 450°C, cu coeficienţii de termoficare $\alpha_{CET} = 0{,}3...0{,}5$, capacitatea maximă a pompelor de căldură poate reprezenta 10% din sarcina termică de vîrf a sistemului;

— la centralele de termoficare cu grupuri cu parametrii iniţiali 100 at, 540°C, cu coeficient de termoficare $\alpha_{CET} = 0{,}3$, capacitatea maximă a pompelor de căldură poate reprezenta pînă la 5% din sarcina termică de vîrf a sistemului.

Analizele efectuate pentru cazul instalării unei pompe de căldură de 6,3 Gcal/h la CET Brazi, unde această capacitate reprezintă mai puţin de 5% din sarcina de vîrf a sistemului de termoficare cu apă fierbinte, au condus la rezultatele prezentate în capitolul următor.

3. Instalația pilot experimental cu pompă de căldură de 6,3 Gcal/h pentru valorificarea căldurii din apele de răcire, la CET—Brazi

În figura 2 este prezentată schema de principiu a modului de încadrare a pompei de căldură de 6,3 Gcal/h în actuala schemă de alimentare cu apă fierbinte din CET—Brazi a consumatorilor urbani

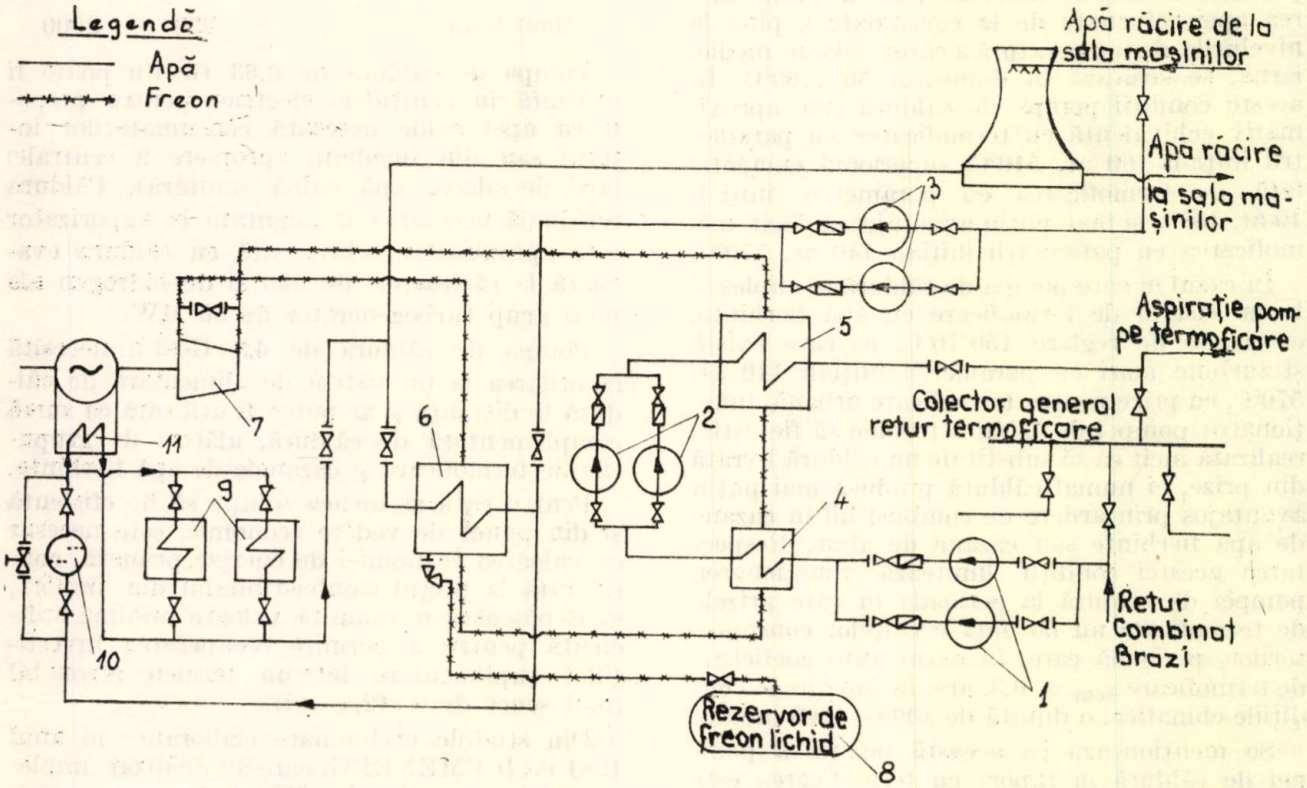


Fig. 2. Schema funcțională a instalației pilot experimental cu pompă de căldură de 6,3 Gcal/h pentru valorificarea căldurii din apele de răcire, la CET-Brazi : 1 — electropompe apă retur termoficare (tr. I) (la subrăcitorul pompei de căldură) ; 2 — electropompe apă retur termoficare (tr. II) (la condensatorul pompei de căldură) ; 3 — electropompe apă de răcire la vaporizatorul pompei de căldură ; 4 — schimbător de căldură subrăcitor de freon condensat ; 5 — condensator de freon ; 6 — vaporizator de freon ; 7 — electrocompresor de freon ; 8 — rezervor de freon lichid ; 9 — răcitor de ulei ; 10 — filtru de apă ; 11 — răcitoare motor electric.

Pompa de căldură va preîncălzi apa din returul de la consumatorii urbani, utilizînd, în acest scop, căldura extrasă din apa de răcire, care în perioada de funcționare a pompei de căldură (sezonul de încălzire) are temperaturi cuprinse în intervalul 23...30°C. Participarea pompei de căldură la acoperirea necesarului maxim orar de căldură aferent consumatorilor urbani reprezintă circa 2,5% din valoarea acestuia. Pe măsura creșterii temperaturii exterioare și deci a scăderii temperaturii apei în returul de la instalațiile de încălzire, pompa de căldură își va îmbunătăți eficiența funcțională, realizînd economii de combustibil sporite în raport cu cazanele de apă fierbinte, care reprezintă soluția actuală de furnizare a căldurii ce nu poate fi acoperită din grupurile de termoficare.

În analiza tehnico-economică efectuată prin compararea acestor două soluții de asigurare a căldurii după criteriul „cheltuielilor totale actualizate", s-au avut în vedere următoarele ipoteze principale de calcul :

— Durata anuală de funcționare a pompei de căldură la capacitatea termică instalată de 6,3 Gcal/h (corespunzînd duratei teoretice de funcționare a CAF la CET—Brazi) . . . . . .3490 ore/an

— Cantitatea anuală de căldură livrată . . . . . 22000 Gcal/an

— Eficiența medie sezonieră a pompei de căldură (ε) 4

— Consumul specific de energie electrică aferent instalației cu pompă de căldură (y_{PC}) . . . . . 291 kWh/Gcal

— Investiția totală necesară pentru instalația cu pompă de căldură . . . .43 mil.lei (inclusiv investiția de echivalare a puterii electrice și cheltuielile de C+M)

— Consumul specific de combustibil la producerea căldurii în CAF . . . .160 kg c.c/Gcal

— Costul combustibilului marginal (Decret 260/1983) . . . . . .2950 lei/tc.c.

Din calculele efectuate a rezultat că soluția cu pompă de căldură realizează o economie la

„cheltuieli totale actualizate" de aproximativ 20 mil.lei (în cazul în care puterea de echivalare este puterea medie anuală absorbită) în raport cu soluția de utilizare a CAF pentru furnizarea aceleiași cantități anuale de căldură prin ardere directă de combustibil. Economia netă de combustibil primar realizată prin utilizarea pompei de căldură în condițiile definite este de 1300 t c.c./an.

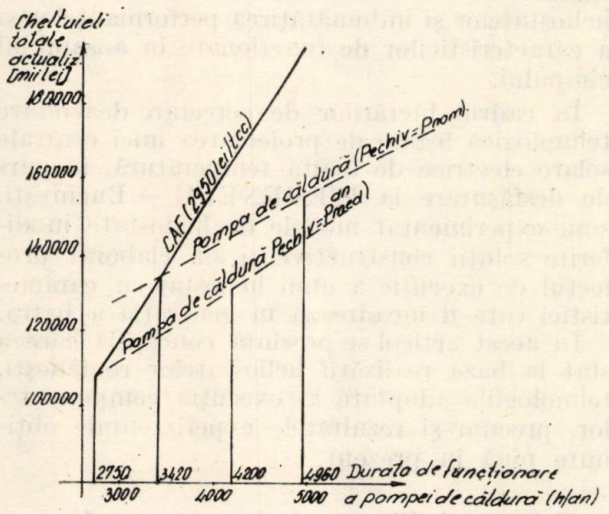


Fig. 3. Eficiența economică a pompei de căldură de 6,3 Gcal/h de la CET – Brazi, în funcție de durata anuală de funcționare și prețul combustibilului importat.

Din diagrama prezentată în figura 3 rezultă că, în cazul costului combustibilului importat de 2950 lei/t c.c., soluția cu pompă de căldură realizează cheltuieli totale actualizate mai mici decît soluția actuală, la durate anuale de funcționare care depășesc următoarele valori limită :

— 3400 ore/an în cazul considerării puterii de echivalare egală cu puterea nominală a pompei de căldură (P_{nom} = 2,1 MW) ;

— 2700 ore/an în cazul considerării puterii de echivalare egală cu media anuală a puterii absorbite de pompa de căldură (P^{an}_{med}=0,84 MW).

Concluzii

Se constată că în conjunctura economică și energetică actuală utilizarea pompelor de căldură pentru valorificarea căldurii apelor de răcire din marile centrale termoelectrice și de termoficare, deși din punctul de vedere al capacității surselor și al existenței consumurilor are condiții de aplicare, iar din punctul de vedere al economisirii energiei primare prezintă o serie de avantaje, din punct de vedere economic este la limita de competitivitate și în unele cazuri chiar dezavantajoasă. Această poziție rezultă, în principal, datorită duratei relativ reduse de funcționare, determinate de alura de variație a sarcinii consumatorilor de căldură și de condiția de neafectare a producției de căldură în termoficare cu parametrii inițiali înalți, procedeu care la aceste tipuri de centrale este mai avantajos energetic în raport cu pompele de căldură. Ca urmare, rezultă că aplicarea pompelor de căldură (pentru obținerea eficienței economice maxime), trebuie realizată în primul rînd în situațiile în care sursele alternative existente sau realizabile pentru acoperirea consumurilor de căldură sînt inferioare din punct de vedere energetic față de pompa de căldură. Asemenea situații se pot întîlni la întreprinderile industriale izolate platforme industriale neracordate la centrale de termoficare cu grupuri cu parametrii înalți, centrale termoelectrice sau de termoficare cu cazane cu parametrii medii ai aburului.

În cazul în care pompele de căldură apar în zone termoficate sau cu posibilități de includere în domeniile de extindere a termoficării, decizia privind instalarea pompelor de căldură trebuie să fie fundamentată pe o analiză detaliată a eficienței economice, în cadrul unui studiu complex de alimentare cu căldură a zonei. Dintre aspectele principale ce trebuie avute în vedere într-un asemenea studiu, se menționează următoarele :

— caracteristicile consumurilor de căldură în prezent și în perspectivă ;

— prevederile de dezvoltare a termoficării în zonă ;

— posibilitățile de realizare a altor tipuri de recuperări ;

— posibilitățile de modificare a unor turbine de abur existente pentru creșterea producției de căldură în termoficare ;

— necesitatea de reducere a consumului local de hidrocarburi ;

— prevederile de modificare a surselor locale de căldură pentru trecerea la funcționarea pe combustibil solid ;

— repartiția optimă a sarcinii termice momentane între diferite surse de căldură la fiecare regim de funcționare ;

— evoluția prețului combustibilului importat ;

— efectele economice ale utilizării pompei de căldură în regim de consumator electric tampon.

NOTA REDACȚIEI S-a constatat din analizele efectuate ulterior primirii materialului în redacție, că, datorită reducerii consumurilor și respectiv livrărilor de căldură, în ultimele două ierni (1982 – 1983 și 1983 – 1984), atît duratele de utilizare a CAF, cît și temperaturile de livrare a apei fierbinți din CET Brazi, au fost considerabil mai scăzute în raport cu cele avute în vedere ca ipoteze de calcul (conform normelor actuale de proiectare și funcționare a sistemelor de termoficare urbană), ceea ce ar putea influența negativ sau pozitiv eficiența economică realizabilă.

Eventualele puncte de vedere și comentarii ale specialiștilor pe marginea acestor aspecte sînt așteptate cu interes de către redacție și autori.

Concepţia de ansamblu şi soluţiile tehnologice aplicate în execuţia heliostatelor pentru centrala solară cu ciclu termodinamic de înaltă temperatură*

Ing. C. Popescu, ing. Şt. Marin, ing. M. Lauric **

Introducere

În cadrul filierei termodinamice de producere a energiei electrice utilizînd energia solară, o dezvoltare deosebită au marcat, în ultima perioadă, centralele solare de înaltă temperatură cu cîmp de heliostate şi turn. Aceste centrale funcţionează pe baza concentrării puternice a radiaţiei solare incidente, pe suprafaţa unui cazan amplasat în vîrful unui turn, concentrare care se realizează cu ajutorul unor suprafeţe reflectante de mari dimensiuni (heliostate), orientate continuu prin intermediul unui calculator central.

Realizarea cîmpului de heliostate — care reprezintă suprafaţa reflectantă a centralei solare — implică un efort financiar deosebit (peste 50% din investiţia totală) şi, în plus, ridică probleme tehnologice deosebite.

Performanţele heliostatelor, determinate de coeficientul de reflexie al suprafeţelor reflectante, gradul de focalizare, precizia de orientare şi corectitudinea amplasării în cîmp, stabilesc — în funcţie de intensitatea radiaţiei solare — valoarea puterii care se poate transmite receptorului termic (cazanului) şi afectează puternic randamentul global al centralei solare.

Ca urmare, s-au depus şi se depun, pe plan mondial, eforturi deosebite în două direcţii aparent contradictorii :

a — reducerea substanţială a costurilor de execuţie a heliostatelor, prin adoptarea unor tehnologii adecvate, care se pretează la producţia de serie ;

b — creşterea randamentului heliostatelor, prin utilizarea unor tehnologii şi materiale speciale cu calităţi deosebite (coeficient de reflexie ridicat, absorbţie redusă).

Aceste tendinţe s-au materializat prin realizarea şi testarea mai multor tipuri (generaţii) succesive de heliostate, în generaţia a treia încadrîndu-se heliostatele care echipează centrala solară electrică de 10 MWe din S.U.A. (Barstow, California), cît şi centralele solare electrice din Europa — Themis, 2 MWe, (Franţa) şi Eurelios, 1 MWe (Italia).

Generaţia a patra aduce o serie de perfecţionări concepţiei de ansamblu (o suprafaţă reflectantă unică, module de focalizare de dimensiuni maxime), ca şi elementelor componente (realizarea modulelor de oglinzi). Perfecţionările vizează reducerea costurilor de fabricaţie a heliostatelor şi îmbunătăţirea performanţelor şi a caracteristicilor de funcţionare în ansamblul cîmpului.

În cadrul lucrărilor de cercetare-dezvoltare tehnologică legate de proiectarea unei centrale solare electrice de înaltă temperatură, în curs de desfăşurare la ICEMENERG — Bucureşti, s-au experimentat modele de heliostate în diferite soluţii constructive şi s-a elaborat proiectul de execuţie a unui heliostat cu caracteristici care îl încadrează în generaţia a patra.

În acest articol se prezintă concepţia care a stat la baza realizării heliostatelor româneşti, tehnologiile adoptate la execuţia componentelor, precum şi rezultatele experimentale obţinute pînă în prezent.

1. Heliostatul. Elementele componente. Concepţia de ansamblu

Elementele componente ale unui heliostat sînt (fig. 1) :

— Stîlpul de susţinere, cu rol de suport al întregii suprastructuri a heliostatului, care preia greutatea heliostatului şi, în plus, toate solicitările suplimentare care apar în condiţii de exploatare (rafale de vînt, depuneri de zăpadă). Acest stîlp a fost realizat din beton armat centrifugat.

— Mecanismul de acţionare, care realizează orientarea suprafeţei reflectante pe înălţime şi azimut în aşa fel încît fasciculul reflectat de heliostat să se găsească permanent în cavitatea cazanului. Acest mecanism este, de fapt, un reductor cu mai multe trepte, cu raport de transmisie foarte mare şi cu jocuri admisibile minime. Mecanismul este acţionat de două servomotoare, cîte unul pentru fiecare direcţie de orientare.

— Structura suport, care susţine modulele de focalizare şi preia mişcările de orientare pe înălţime şi azimut de la mecanismul de acţionare. Această structură suport a fost realizată sub forma unei structuri metalice spaţiale, cu greutate minimă şi cu o rigiditate deosebită, astfel încît deformările maxime măsurate în punctele extreme să se încadreze în valorile admisibile.

— Modulele de focalizare, care se fixează pe structura suport prin intermediul unor piese de reglaj care permit orientarea spaţială a modulului faţă de structura suport pentru asi-

* Comunicare prezentată la Conferinţa Naţională de Energetică — Bucureşti, 23—25 noiembrie 1983.

** Autorii lucrează la ICEMENERG.

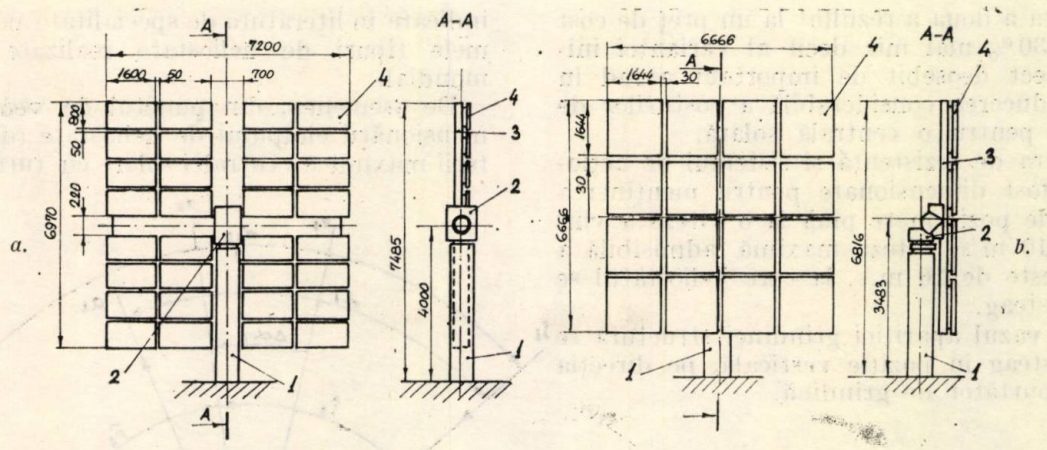


Fig. 1. Elementele componente și evoluția concepției heliostatului ICEMENERG : 1 — stîlp de susținere ; 2 — mecanism de acționare ; 3 — structură suport ; 4 — modul de focalizare.

gurarea gradului de focalizare necesar. Aceste module de focalizare constituie suportul suprafețelor reflectante propriu-zise — oglinzile — care sînt prefocalizate pe modul înaintea fazei de montaj pe șantier. Reglajul final al focalizării heliostatului se face la montaj prin orientarea corespunzătoare a modulelor de focalizare față de structura suport.

— Oglinzile, care se realizează din materiale reflectante cu calități deosebite (planeitate, coeficient de reflexie ridicat, rezistență deosebită la factorii climatici naturali) și în tehnologii speciale.

Lucrările desfășurate în cadrul ICEMENERG au urmărit realizarea unui tip de heliostat cu tehnologii și materiale indigene, avînd performanțe comparabile cu cele obținute pe plan mondial.

În elaborarea soluției finale au fost parcurse două etape. Prima etapă a constituit-o un heliostat din generația a treia (fig. 1 a), caracterizat prin :

— echilibrarea prin proiectare a ansamblului mobil al heliostatului ;

— punerea în steag prin orientarea suprafeței reflectante cu oglinzile în jos și, implicit, realizarea acestuia din două semisuprafețe reflectante distanțate între ele, pentru a permite această manevră ;

— fixarea subansamblurilor oglindă-suport metalic prefocalizate pe structura heliostatului prin intermediul unor articulații sferice care permit orientarea individuală a fiecărei oglinzi față de structură.

În urma analizei detaliate a acestei variante s-au evidențiat următoarele dezavantaje :

a—soluția implică existența unei axe centrale costisitoare și dificil de realizat, cu prelucrări mecanice foarte precise și care traversează carcasa mecanismului de acționare ;

b—realizarea suprafeței reflectante din două jumătăți distanțate între ele are dezavantajul unei suprafețe active mai mici, pentru același gabarit, față de o suprafață reflectantă unică ;

c—punerea în steag cu oglinzile în jos impune o cursă unghiulară mare (circa 180°) și deci și o turație mărită a motorului de acționare. Practic, apare necesitatea ca motoarele de acționare să dispună de două trepte de turație, una pentru funcționarea normală și alta pentru punerea în steag, ceea ce complică și scumpește soluția pentru sistemul de acționare și comandă ;

d—orientarea independentă a fiecărei oglinzi în parte implică un număr foarte mare de articulații sferice și de manevre la focalizarea ansamblului heliostatului.

A doua variantă perfecționată (fig. 1 b), care a fost elaborată avînd ca bază datele corectate ale primei variante și evoluția performanțelor heliostatelor realizate pe plan mondial, se caracterizează prin renunțarea la echilibrarea prin proiectare a ansamblului mobil ca și la punerea în steag cu suprafața reflectantă în jos și, de asemenea, prin adoptarea unor module prefocalizate care cuprind, fiecare, mai multe oglinzi.

Această variantă prezintă următoarele avantaje :

a—dimensiunile de gabarit ale heliostatului s-au redus cu circa 10 % pentru aceeași suprafață activă a oglinzilor ;

b—s-a micșorat greutatea structurii suport cu circa 20 % ;

c—execuția macanismului de acționare a fost simplificată ;

d—s-a redus cu circa 90° cursa unghiulară totală, rezultînd o turație unică a motoarelor (cu simplificarea corespunzătoare a schemei de comandă, control și alimentare) ;

e—prin adoptarea modulelor de focalizare s-au simplificat în mare măsură operațiile de focalizare a ansamblului efectuate pe șantier, crescînd, implicit, gradul de precizie.

Varianta a doua a rezultat la un preț de cost cu circa 30% mai mic decît al variantei inițiale, aspect deosebit de important avînd în vedere reducerea considerabilă a costurilor de investiție pentru o centrală solară.

Structura de rezistență și sistemul de acționare au fost dimensionate pentru menținerea preciziei de poziționare pînă la o viteză a vîntului de 10 m/s. Viteza maximă admisibilă a vîntului este de 16 m/s, la care heliostatul se pune în steag.

Pentru cazul apariției grindinei structura se pune în steag în poziție verticală, pe direcția vîntului purtător de grindină.

2. Evaluarea erorilor de poziționare

Eroarea unghiulară totală de poziționare a heliostatului include patru componente și anume :

— Eroarea datorită deplasării vîrfului stîlpului suport sub acțiunea vîntului, definită prin relația $\alpha_{11} = \pm\Delta l_s/H_s$, unde Δl_s este săgeata părții superioare a stîlpului la viteza vîntului pentru care se normează eroarea de poziționare (w=10 m/s).

— Eroarea unghiulară datorită deformării elastice a structurii de rezistență ca urmare a solicitării vîntului (w=10 m/s), definită prin $\alpha_{12} = \pm\Delta l_h/(b/2)$, unde Δl_h este abaterea liniară a părții superioare a structurii heliostatului și b este înălțimea (lățimea) acestuia.

— Eroarea unghiulară datorită jocului din reductorul sistemului de acționare, α_{13}, care este o funcție de jocurile în treptele intermediare ale reductorului.

— Eroarea unghiulară datorită traductorului de poziție, definită prin $\alpha_{11} = \pm\pi/i_t$, unde i_t este raportul total de transmisie al reductorului.

Eroarea unghiulară totală are expresia :

$$\alpha_1 = \alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{14}.$$

Jocurile și abaterile de poziție prezentate mai sus sînt determinate de posibilitățile tehnologice de realizare.

Heliostatul în curs de realizare la ICEMENERG este caracterizat prin următoarele valori : Δl_s = 1 mm ; H_s=3480 mm ; Δl_h=2 mm ; b=7516 mm ; $\alpha_{13} = \pm 0{,}457$ mrad ; i_t=45000.

Rezultă : α_{14}=0,288 mrad ; $\alpha_{12} = \pm 0{,}532$ mrad ; $\alpha_{11} = \pm 0{,}0654$ mrad.

Se obține, deci, pentru eroarea unghiulară totală de poziționare a normalei la suprafața reflectantă a heliostatului :

$$\alpha_1 = \pm 1{,}342 \cdot 10^{-3} \text{ rad.}$$

Eroarea corespunzătoare razei reflectate va fi, așa cum rezultă din figura 2, de două ori mai mare, deci $\alpha_r = \pm 2{,}684 \cdot 10^{-3}$rad. Această valoare corespunde preciziei impuse de funcționarea heliostatului și se aliniază la valorile indicate în literatura de specialitate pentru ultimele tipuri de heliostate realizate pe plan mondial.

De asemenea, din punctul de vedere al dimensionării cîmpului de heliostate (deci al puterii maxime a centralei solare cu turn și heliostate) se evidențiază, ca factor limitativ, valoarea erorii unghiulare totale de poziționare, practic realizabilă în condiții tehnologice date. Această valoare, impusă de tehnologiile existente, determină valoarea critică a distanței maxime heliostat — turn peste care pierderile de putere datorită impreciziei de captare a radiației reflectate pe suprafața activă a cazanului cresc foarte mult.

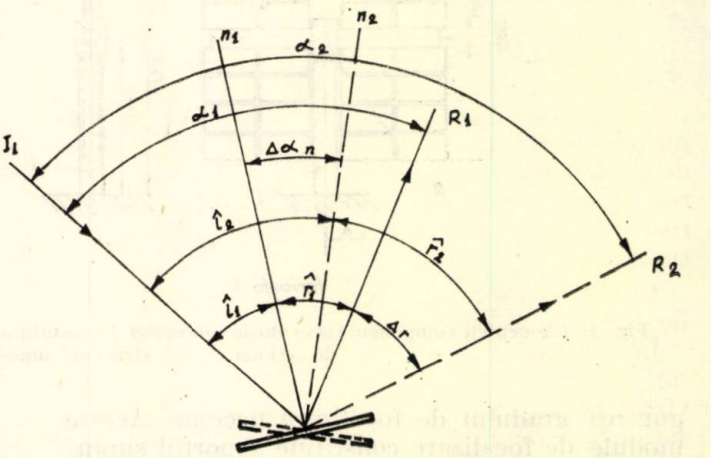


Fig. 2. Eroarea unghiulară corespunzătoare razei reflectate în funcție de eroarea normalei la suprafața heliostatului : n_1 — normala la heliostat în poziție corectă ; n_2 — normala la heliostatul deplasat (cu eroare) ; $\Delta r = \alpha_2 - \alpha_1 = 2\hat{i}_2 - 2\hat{i}_1 = 2(\hat{i}_1 + \Delta\alpha_n) - 2\hat{i}_1 = 2\Delta\alpha_n$.

3. Module de focalizare

3.1. *Structura modulului de focalizare. Posibilități de reglaj*

În realizarea heliostatului o importanță primordială o are problema concepției și construcției modulului de focalizare, care este elementul de bază al suprafeței reflectante. De aceasta depinde precizia de focalizare și randamentul global al suprafeței reflectante.

S-au impus, în acest sens, două direcții de cercetare :

— realizarea unei structuri metalice spațiale cu o rigiditate corespunzătoare, care să permită o amplasare convenabilă a oglinzilor și focalizarea acestora printr-o metodă cu un grad de precizie ridicat ;

— realizarea unor oglinzi din materiale cu calități optice deosebite și cu tehnologii curente sau ușor adaptabile în industria indigenă a geamurilor și oglinzilor.

Au fost realizate două tipuri dimensionale de module focalizatoare (1644×1644 mm² și

1856 × 1644 mm²), care permit testarea focalizării unor oglinzi cu dimensiunile de 800 × 800 mm², 1600 × 800 mm² și respectiv de 1600 × 600 mm².

În proiectarea și testarea acestor structuri metalice spațiale s-a urmărit : asigurarea unei rigidități corespunzătoare, minimizarea greutății, posibilitatea montajului și blocării oglinzilor în pozițiile de focalizare, adaptarea construcției la tehnologii de serie mare, care implică un volum minim de manoperă, posibilitatea orientării spațiale relativ la structura de rezistență a heliostatului (pentru focalizarea ansamblului), asigurarea protecției anticorosive impuse de condițiile deosebite de funcționare.

În figura 3 este prezentat unul din modulele de focalizare experimentale.

În cadrul unui astfel de modul, oglinzile sînt montate ca în figura 4, adică sprijinite pe vîrful unor șuruburi reglate inițial și blocate, astfel încît oglinzile pătrate sînt plane și tangente la suprafața unei sfere, iar cele dreptunghiulare sînt curbate cilindric și așezate tot pe o suprafață sferică. Ca urmare, suprafața reflectantă a unui modul este cvasisferică, fiind alcătuită din oglinzi plane sau curbate mecanic.

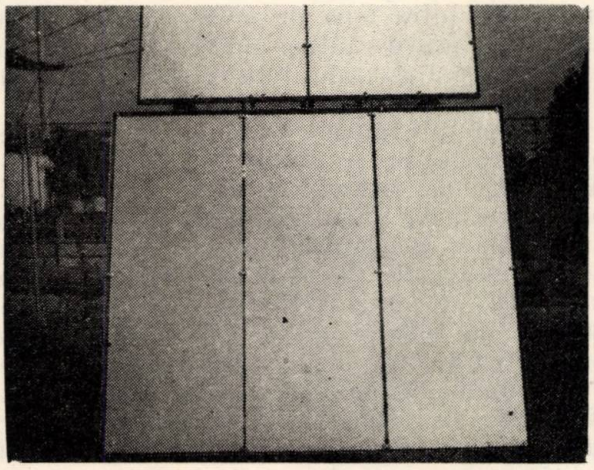


Fig. 3. Modul de focalizare experimental cu trei oglinzi duplex de 1600 × 600 mm².

Pentru realizarea focalizării ansamblului, fiecare modul de focalizare poate fi orientat independent pe structura de rezistență a heliostatului, fiind fixat de acesta prin intermediul a trei tije filetate, reglabile (articulații sferice).

3.2. *Modulul de oglindă. Materiale, caracteristici, tehnologii*

Condițiile specifice de funcționare a heliostatelor impun realizarea suprafețelor reflectante propriu-zise (oglinzile) din materiale cu proprietăți optico-mecanice superioare, care să satisfacă următoarele condiții :

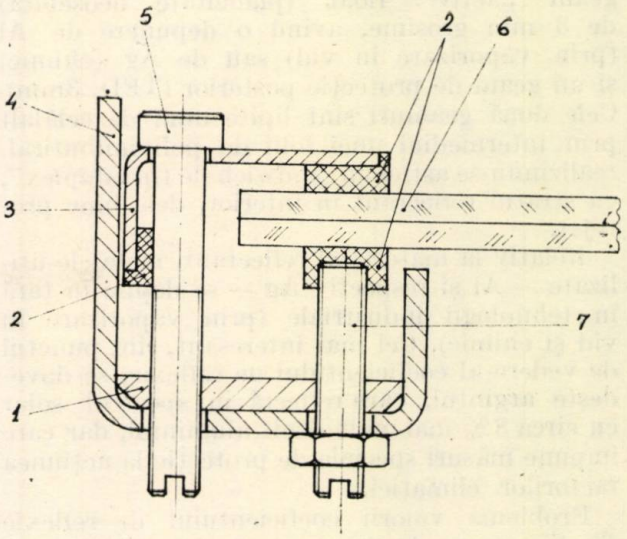


Fig. 4. Fixarea oglinzilor pe modulul de focalizare : 1 — placă filetată ; 2 — pastilă PVC ; 3 — clemă fixare ; 4 - profil metalic ; 5 — șurub de fixare ; 6 — oglindă duplex ; 7 — șurub reglaj.

— grad de planeitate ridicat (0,4—0,5 mrad) ;
— coeficient de reflexie maxim și coeficient de absorbție minim pentru spectrul radiației solare ;
— greutate scăzută ;
— rezistență ridicată la acțiunea factorilor climatici ;
— tehnologii accesibile ;
— preț de cost minim.

Plecînd de la aceste criterii, în urma unei ample operații de selecție a materialelor și tehnologiilor indigene, s-au reținut soluțiile Float/Ag/TFD și Float/Al/TFD, oglinzi realizate în tehnologie „duplex" (fig. 5), cu dimensiunile maxime impuse de posibilitățile instalațiilor industriale existente.

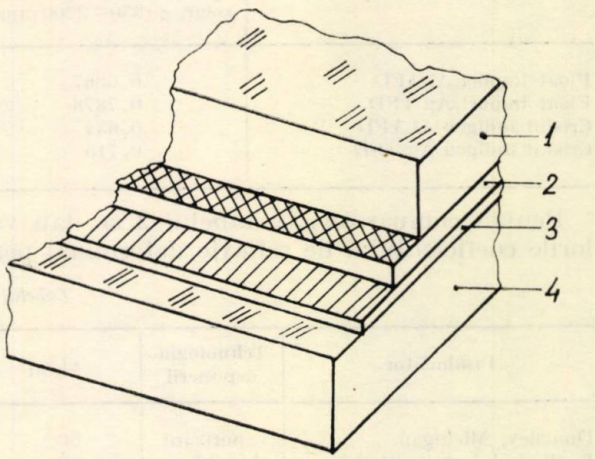


Fig. 5. Structura unei oglinzi realizate în tehnologie „duplex" : 1 — geam TFD, 3 mm ; 2 — polivinilbutiral, 0,7 mm ; 3 — strat reflectant (Ag, Al) ; 4 — geam float sau cristal, 3 mm.

Oglinzile astfel realizate sînt alcătuite dintr-un geam „activ" float (planeitate deosebită) de 3 mm grosime, avînd o depunere de Al (prin vaporizare în vid) sau de Ag (chimic) și un geam de protecție posterior (TFD, 3mm). Cele două geamuri sînt lipite unul de celălalt prin intermediul unei folii de polivinilbutiral, realizîndu-se astfel un sandwich de tip „duplex", cu stratul reflectant în interior, deci bine protejat.

Relativ la materialul reflectant, metalele utilizate — Al și respectiv Ag — se depun în țară în tehnologii industriale (prin vaporizare în vid și chimic). Cel mai interesant, din punctul de vedere al coeficientului de reflexie, se dovedește argintul, care reflectă în spectrul solar cu circa 8% mai mult decît aluminiul, dar care impune măsuri speciale de protecție la acțiunea factorilor climatici.

Problema valorii coeficientuiui de reflexie fiind extrem de importantă deoarece determină dimensionarea suprafeței totale reflectante, deci numărul total al heliostatelor centralei solare, se impune concentrarea eforturilor pentru creșterea acestei valori prin folosirea unor materiale cu calități optice deosebite și optimizarea grosimii stratului reflectant depus. În acest sens trebuie subliniat că fiecare procent în plus adăugat la valoarea randamentului global al heliostatelor se traduce prin economii substanțiale realizate prin reducerea investiției ca urmare a reducerii corespunzătoare a numărului de heliostate.

Rezultatele măsurătorilor efectuate pe mai multe tipuri de oglinzi duplex realizate pentru heliostate de I.G. Mediaș, sînt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Coeficientul de reflexie pentru oglinzi duplex, ρ

Tipul oglinzii	Coeficientul de reflexie ponderat în spectrul solar, ρ (350—2200 mm)
Float import/Al/TFD	0,6867
Float import/Ag/TFD	0,7878
Cristal indigen/Al/TFD	0,634
Cristal indigen/Ag/TFD	0,715

Pentru comparație, în tabelul 2 se dau valorile coeficientului de reflexie determinat pentru oglinzi de heliostat argintate (geam float de 3,2 mm grosime), realizate în S.U.A.

Tabelul 2

Producător	Tehnologia depunerii	ρ[%]
Donelley, Michigan	vaporizare	90
Buchmind Ind. California	chimică	92
Carolina Mirror Co.	chimică	91
Gardner Mirror Co.	chimică	90
Binswanger Mirror Co.	chimică	87

Confruntînd datele prezentate în tabelele 1 și 2 se pot observa diferențe de 10—20% pentru valorile coeficientului de reflexie (pentru același tip de strat reflectant), diferențe determinate de calitățile optice (transmisie) ale geamului „activ" folosit. Se impune, ca urmare, necesitatea îmbunătățirii „transparenței" acestui geam prin utilizarea unor materii prime cu un conținut foarte scăzut de oxizi de fier.

3.3. *Rezistența oglinzilor duplex la acțiunea factorilor climatici*

Pentru testarea rezistenței în timp a oglinzilor la acțiunea factorilor climatici s-au folosit atît teste accelerate, în cameră climatică cu ceață salină, cît și expunerea în condiții climatice naturale, pe litoralul Mării Negre.

Încercările la care au fost supuse eșantioane de oglinzi duplex argintate și aluminizate, plane și curbate mecanic cu diferite săgeți, cu protecție marginală și fără, au evidențiat următoarele rezultate :

— Toate oglinzile, cu excepția celor protejate marginal, prezintă zone de infiltrație a umidității între folia de PVB și geam, infiltrație care provoacă desprinderea foliei de geam și distrugerea stratului reflectant de Ag. Stratul reflectant de Al nu a fost afectat.

— După o expunere de circa 11000 ore în climat marin, s-a constatat o atenuare a coeficientului de reflexie de circa 1—2%, atît pentru oglinzile aluminizate, cît și pentru cele argintate, în zonele neafectate de infiltrații. În zonele marginale (la oglinzile neprotejate, cu infiltrații) se înregistrează scăderi ale coeficientului de reflexie de 40—80% la oglinzile argintate față de 2—5% la oglinzile aluminizate.

Se impune evident, în special în cazul soluției argintate, obligativitatea protecției marginale a oglinzilor duplex, pentru conservarea calităților pe toată durata de funcționare.

4. *Focalizarea modulului. Pată focală. Rezultate experimentale*

Pentru determinarea caracteristicilor petei focale a fost amenajat un stand de experimentări cuprinzînd :

— un heliostat experimental la scară redusă (1 : 8), cu posibilități de orientare în înălțime și azimut (fig. 6) ;

— un ecran de control cu diviziuni marcate vizibil, așezat la o distanță focală de 125 m, pe care se vizualizează pata focală (fig. 7) ;

— aparatură de măsură (intensitatea radiației solare și a radiației reflectate în pata focală).

Determinările efectuate au permis trasarea curbei intensității radiației reflectate în pata

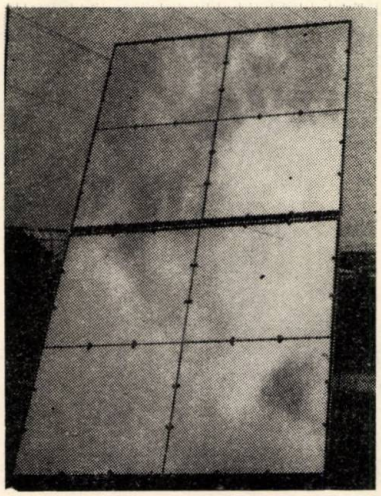


Fig. 6. Heliostat experimental (S_{max} = 5,76 m²).

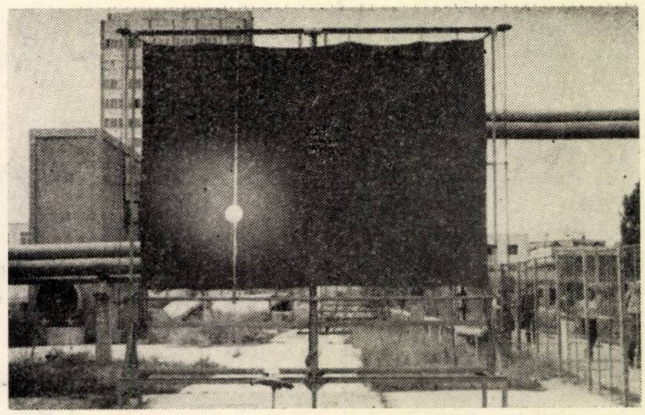


Fig. 7. Ecran de control cu pată focală.

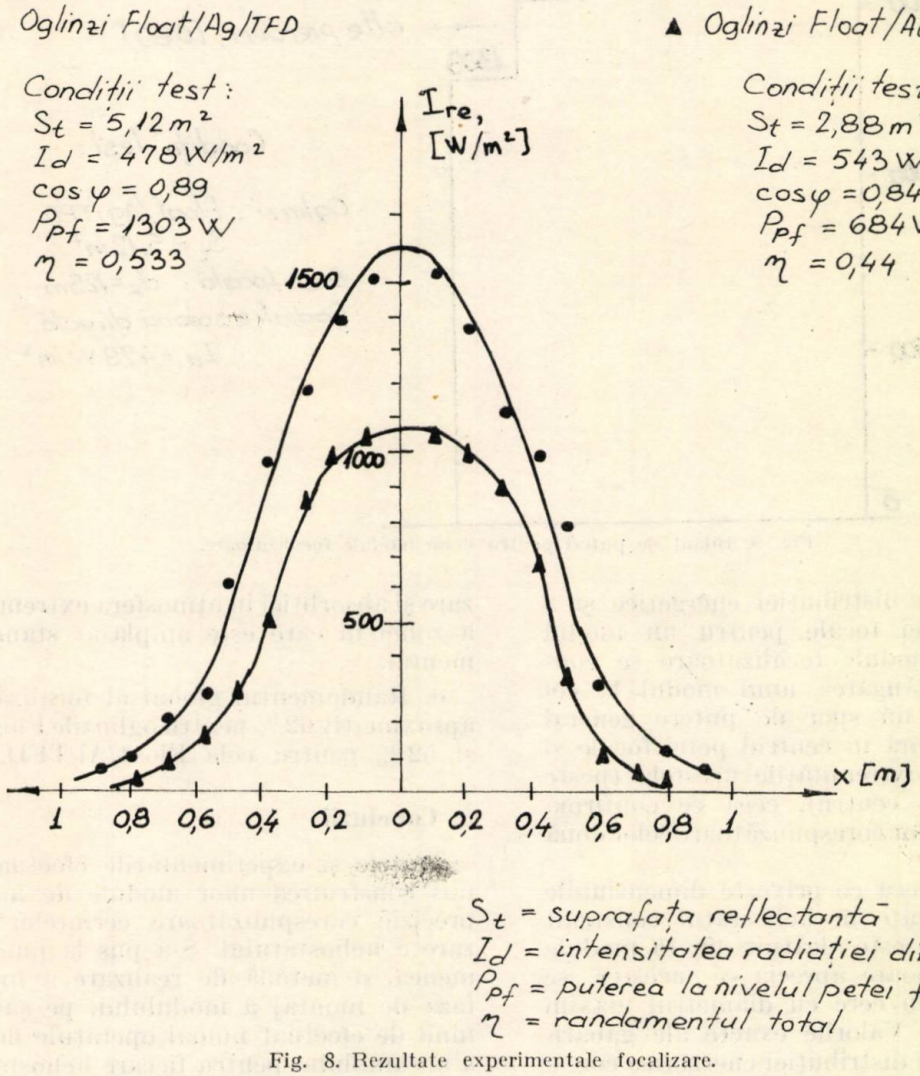


Fig. 8. Rezultate experimentale focalizare.

focală de-a lungul unui diametru al acesteia și, prin integrarea suprafeței de sub această curbă, determinarea puterii totale reflectate de heliostatul experimental.

Cîteva din rezultatele experimentale obținute sînt prezentate în figurile 8 și 9.

Pe baza acestor experimentări se pot face următoarele observații:

a. Dimensiunile petei focale realizate prin suprapunerea fasciculelor reflectate de două module focalizatoare (5, 12 m²) se încadrează într-un cerc cu diametrul de 1,6—2m.

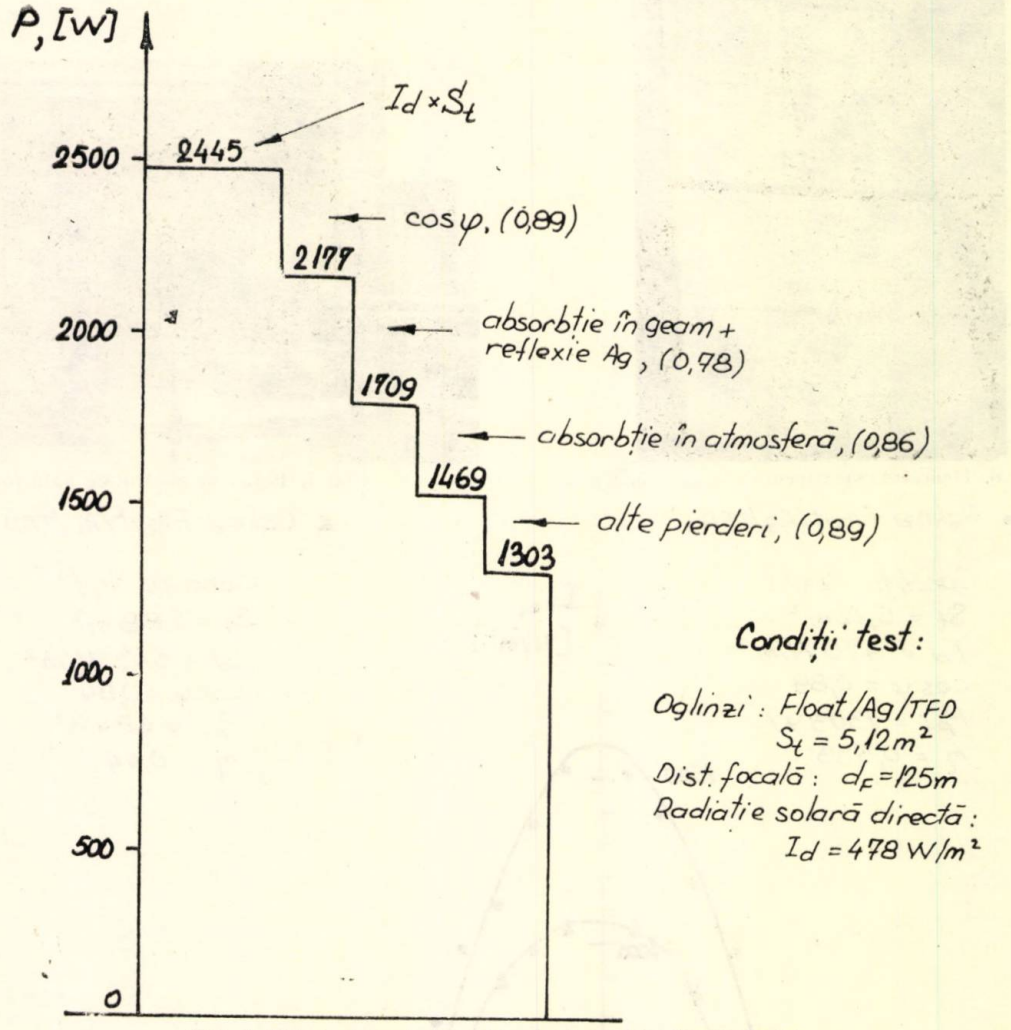


Fig. 9. Bilanț de puteri pentru două module focalizatoare.

Din compararea distribuției energetice și a dimensiunilor petei focale pentru un modul și pentru două module focalizatoare se constată că, prin adăugarea unui modul la cel inițial, se obține un spor de putere general cu o pondere majoră în centrul petei focale și foarte mică spre extremitățile acesteia (peste 0,8—0,9 m de la centru), ceea ce confirmă suprapunerea petelor corespunzătoare celor două module.

Ca urmare, în ceea ce privește dimensiunile petei focale realizate de heliostatul construit la scara 1 : 1, care este alcătuit din 16 module focalizatoare, se poate aprecia că acestea se vor încadra într-un cerc cu diametrul maxim de circa 2,5—3m. Valorile exacte ale gabaritului petei focale și distribuției energetice corespunzătoare vor fi determinate în urma testării heliostatelor la scara 1 : 1.

b. Valorile puterii totale măsurate în pata focală sînt foarte apropiate de valorile determinate teoretic (diferențe de circa 10 %), diferențele justificîndu-se prin pierderi optice reale mai mari, datorită unor imprecizii în focalizare și absorbției în atmosfera extrem de poluată a zonei în care este amplasat standul experimental.

c. Randamentul global al focalizării este de aproximativ 62 % pentru oglinzile Float/Ag/TFD și 52 % pentru cele Float/Al/TFD.

5. Concluzii

Testele și experimentările efectuate au permis construirea unor module de focalizare cu precizie corespunzătoare cerințelor de focalizare a heliostatului. S-a pus la punct, de asemenea, o metodă de realizare a focalizării în faza de montaj a modulului, pe șantier rămînînd de efectuat numai operațiile de focalizare a ansamblului pentru fiecare heliostat în parte.

Au fost selectate o serie de materiale și tehnologii adecvate realizării suprafeței reflectante a centralei solare, urmărindu-se în continuare perfecționarea acestora.

Rezultatele experimentale obținute au permis, constituind baza temei de proiectare, realizarea proiectului de execuție pentru heliostatul

la scara 1 : 1, cu o suprafață reflectantă de 40,96 m² sau de 46,08 m² (două variante). Pe acest heliostat, care se află în fază de execuție, se vor dezvolta cercetările ulterioare, necesare determinării exacte a performanțelor caracteristice.

Trebuie subliniat, de asemenea, că soluțiile tehnice adoptate au fost alese astfel încît să corespundă, cu anumite modificări inerente, și realizării unor centrale solare cu conversie fotovoltaică prin înlocuirea modulelor de focalizare cu panouri fotovoltaice. Prin utilizarea, în acest caz, a unor suprafețe orientabile (în locul unor suprafețe fixe) se obține, din punctul de vedere al energiei captate, un cîștig anual de circa 30%.

Bibliografie

[1] Vant, L. L., Hull and Hildebrandt, A. F. *Solar thermal power system based on optical transmission.* În: Solar Energy, 18, 31—39 (1976).
[2] Brown, G. L. *Results of a Tilt-Low Profile Heliostat Test Program.* Alternative Energy Sources, vol. 1 (Sola Energy), 1978.
[3] Taketani, H. *Reflectance and Aging Studies of Heliostat Mirrors.* În: Solar Energy Materials, 127—134, 3, (1980).
[4] Hillairet, J. În: Entropie nr. 103, p. 4—29, 1982.
[5] * * * Rapoarte ICEMENERG, contract 6562/1982.

Acționarea electrică în curent alternativ a heliostatelor unei centrale solaro-electrice cu turn*

Dr. ing. D. M. Potlog, ing. C. Popescu, ing. I. Turcu **

Introducere

Procesul de conversie a energiei solare în energie electrică în centrale solaro-electrice cu turn presupune existența următoarelor elemente principale : cîmpul de heliostate, turnul cu receptorul (cazanul) termic și grupul turbină-generator electric.

Pentru o funcționare corectă, cîmpul de heliostate (dimensionat corespunzător puterii centralei) trebuie să asigure menținerea în permanență a radiației reflectate pe suprafața receptoare a cazanului (deschiderea cazanului). În acest scop, avînd în vedere mișcarea diurnă a soarelui pe boltă, fiecare heliostat trebuie să efectueze o serie de mișcări de reorientare.

Soluția modernă pentru reorientare, constă în acționarea electrică individuală a fiecărui heliostat (cu motoare de curent continuu, motoare pas cu pas sau motoare asincrone) cu comandă prin calculatoare de proces.

Constituind un sistem inedit în practica acționărilor electrice, primul pas efectuat a fost stabilirea legilor de mișcare impuse de funcționarea mecanismului antrenat (în cazul în speță — heliostatele din cîmpul de recepție a radiațiilor solare). Odată acest lucru determinat a urmat stabilirea regimurilor de funcționare pentru motoare electrice, alegerea acestora, testarea pe stand a tipurilor de motoare alese în condiții calculate, cît mai apropiate de cele posibile din practică.

În lucrare se prezintă modul de tratare teoretică a problemei și aplicarea practică pentru prima centrală solaro-electrică cu turn de 1 MW, concepție românească.

1. Tipul și caracteristicile mișcării necesare de realizat prin sistemul de acționare a heliostatelor

În cazul heliostatelor se deosebesc două regimuri principale de funcționare : un regim normal și un regim de prevenire de avarii.

Prin regimul normal se înțelege acel mod de lucru prin care se asigură transmiterea continuă a energiei solare captate la receptorul termic, în condițiile impuse de deplasarea soarelui pe boltă, inclusiv opririle și pornirile produse de dispariții curente ale radiației incidente (cer acoperit, apus și răsărit etc.).

Regimurile de prevenire de avarii apar atunci cînd condițiile meteorologice reale depășesc valorile admise la dimensionarea heliostatelor (de exemplu : viteza vîntului devine mai mare decît cea considerată limită pentru structura de rezistență, se produce cădere de grindină care ar putea distruge oglinzile etc.). În aceste situații trebuie ca, într-un timp cît mai scurt, heliostatele să fie aduse din pozițiile de lucru în poziția care le asigură maximum de protecție (poziție denumită „de punere în steag").

1.1. *Analiza regimului normal de funcționare*

În cazul regimului normal, heliostatele trebuie să execute o mișcare complexă prin care să se asigure menținerea radiațiilor reflectate de către fiecare dintre acestea pe deschiderea receptorului termic, ținînd cont de deplasarea relativă a soarelui.

Această deplasare se descompune după două direcții, rezultînd două mișcări diferite : o mișcare denumită zenitală (sau pe înălțime) și o alta denumită azimutală.

* Comunicare prezentată la Conferința Națională de Energetică, 23—25 noiembrie 1983.

** Dr. ing. Dorin Marcel Potlog este cercetător științific principal gr. III, ing. Constantin Popescu este cercetător științific principal gr. II, iar ing. Turcu Ioan este cercetător șt. pr. gr. III la ICEMENERG.

Pentru o urmărire corectă a astrului, normala la suprafața reflectantă a heliostatului va efectua mișcări similare, necesare menținerii radiației reflectate pe suprafața de primire (deschiderea) receptorului termic situat pe turn.

Poziția relativă a unui heliostat oarecare (H), la un moment dat, față de soare și de turnul centralei este prezentată în figura 1.

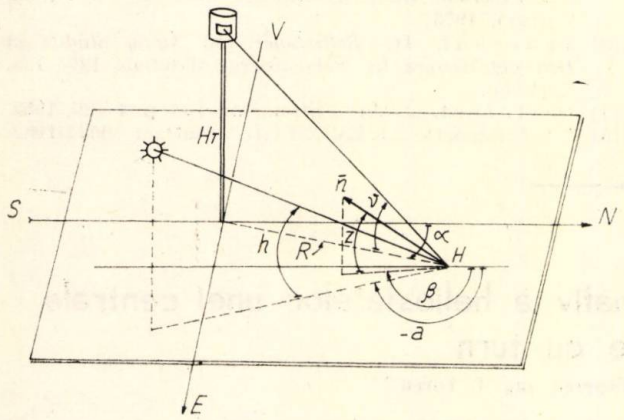


Fig. 1. Pozițiile relative în cîmpul de heliostate : α — unghiul format de proiecția pe plan orizontal a razei reflectate, măsurat în sensul mișcării acelor de ceasornic, cu direcția sudică a meridianului care trece prin turnul centralei ; ν — unghiul în plan vertical format de raza reflectată cu proiecția orizontală a acesteia : $\nu = \text{arc tg}\,(H_T/R)$; a — unghiul format de proiecția orizontală a razei incidente cu paralela la meridian care trece prin locul în care este amplasat heliostatul (azimutul soarelui) ; h — unghiul în plan vertical, format de raza incidentă cu proiecția orizontală a acesteia (înălțimea soarelui) ; z — unghiul în plan vertical, format de normala la suprafața reflectantă cu proiecția orizontală a acesteia ; β — unghiul dintre proiecția orizontală a normalei cu paralela la meridian, care trece prin locul de amplasare a heliostatului.

Unghiurile care definesc poziția normalei au expresiile :

$$\text{tg}\ \beta = \frac{S_1}{S_2}\ ;\ \text{tg}\, z = \frac{S_3}{S_2}\cdot\cos\beta, \qquad (1)$$

în care :

$$S_1 = \sin a\cdot\cos h - \sin\alpha\cdot\cos\nu\ ;$$
$$S_2 = \cos a\cdot\cos h - \cos\alpha\cdot\cos\nu\ ; \qquad (2)$$
$$S_3 = \sin h + \sin\nu.$$

Vitezele unghiulare ale soarelui au expresiile :

$$\omega_h = \frac{dh}{dt} = -$$

$$- k\,\frac{\cos\varphi\cdot\cos\delta\cdot\sin k_t}{\sqrt{1-(\sin\varphi\cdot\sin\delta+\cos\delta\cdot\cos\delta\cdot\cos k_t)^2}}, \qquad (3)$$

$$\omega_a = \frac{da}{dt} = k\,\frac{(\sin\varphi\cdot\cos\delta-\cos\varphi\cdot\sin\delta\cdot\cos k_t)\cdot\cos\delta}{1-(\sin\varphi\cdot\sin\delta-\cos\varphi\cdot\cos\delta\cdot\cos k_t)^2}, \qquad (4)$$

în care :

φ este latitudinea geometrică a locului, în grade ;

δ — declinația soarelui, specifică zilei din an considerată, în grade.

$$\delta \cong 23{,}45^\circ\cdot\cos\left[\frac{2\pi}{365}(z_i-173)\right] +$$

$$+ 0{,}11^\circ\cdot\sin\left[\frac{2\pi}{365}(z_i-173)\right], \qquad (5)$$

în care :

z_i este numărul din an al zilei considerate ;

k_t — caracterizează poziția soarelui la ora t din ziua considerată :

$$k_t = k(t-12),\ \text{cu}\ k=15\ \text{grade/oră}.$$

Orientarea fiecărui heliostat poate fi realizată în două moduri : în regim continuu sau în regim discontinuu (sau secvențial).

Analiza regimului de orientare continuă a arătat că în acest caz, pentru fiecare heliostat trebuie să se realizeze viteze variabile în timp ale normalei, în funcție de poziția sa în cîmp și de vitezele instantanee ale soarelui. Deoarece îndeplinirea acestor condiții este greu de realizat practic, s-a optat pentru orientarea secvențială.

În cazul centralei cercetate, cîmpul de heliostate este dispus într-un sector circular, în centrul căruia se află amplasat turnul cu receptorul termic (fig. 2).

Mișcarea pe înălțime este reprezentată în figura 3.

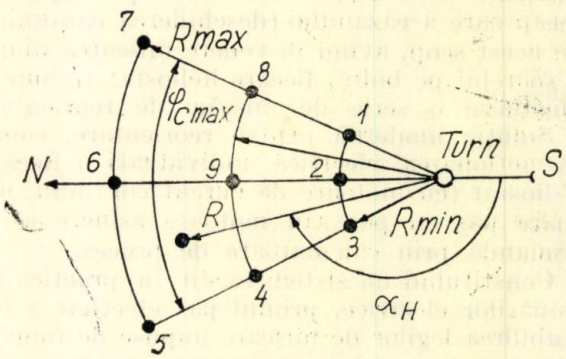


Fig. 2. Cîmpul de heliostate la centrala solaro-electrică de 1 MW.

Un calcul geometric simplu dă relația :

$$\alpha_z = \text{arctg}\left(\frac{h_d}{R}\cdot\frac{k_z\,\sin\alpha_d+\cos\alpha_d}{1+k_z}\right),$$

$$\text{unde :}\ k_z = \frac{H_T-H_S}{R} - \text{tg}\ \alpha_p. \qquad (6)$$

Relația (6) arată că heliostatul cel mai dezavantajat este cel mai depărtat (cu $R=R_{max}$).

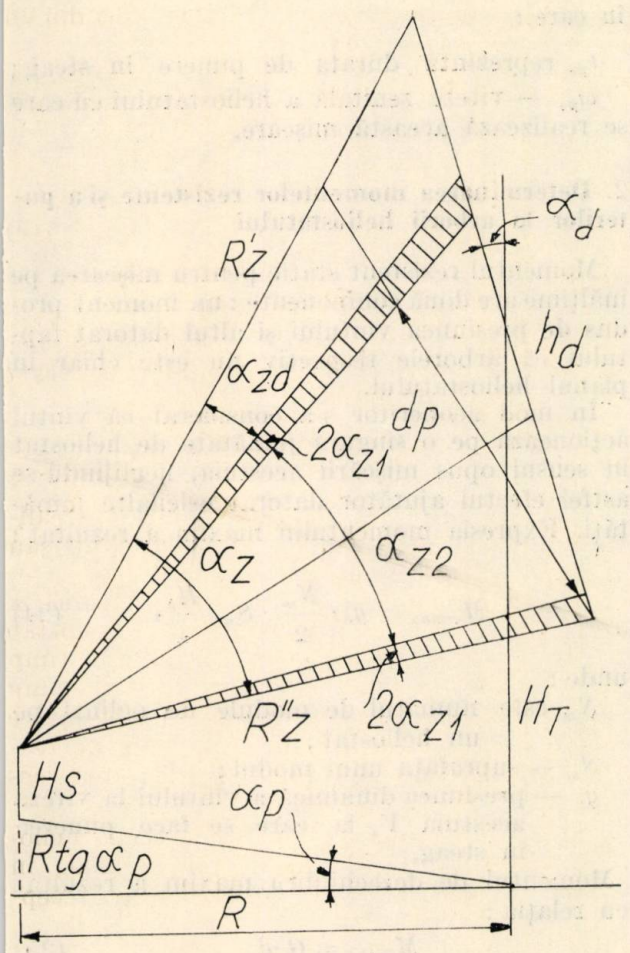


Fig. 3. Schiță de calcul pentru încadrarea petei focale reflectate pe înălțime : H_T — înălțimea centrului deschiderii cazanului ; H_S — înălțimea arborelui azimutal corespunzător orientării pe înălțime ; α_d — unghiul de înclinare a deschiderii cazanului față de verticala la sol ; h_d, b_d — înălțimea, respectiv lățimea deschiderii cazanului (presupusă ca un dreptunghi cu baza paralelă cu solul) ; d_p — diametrul petei reflectate ; α_z — unghiul total într-un plan vertical orientat după raza R de poziție a heliostatului ; α_p — unghiul de pantă a terenului.

Alegerea valorii optime pentru înclinarea deschiderii cazanului (α_{dop}) s-a făcut impunînd condiția ca la heliostatul cel mai depărtat, unghiul α_z să fie maxim și a rezultat :

$$\alpha_{dop} = \operatorname{arctg}\left(\frac{H_T - H_S}{R_{max}} - \operatorname{tg}\alpha_p\right). \qquad (7)$$

În realitate, drumul unghiular disponibil pentru mișcarea pe înălțime nu este α_z, ci α_{zd}, între acestea existînd relațiile :

$$\alpha_{zd} = \alpha_z - 4\alpha_{z1} - \alpha_{z2}, \qquad (8)$$

în care :

α_{z1} — este abaterea unghiulară maxim posibilă de poziționare a normalei heliostatului, care se compune din :

$\alpha_{z11} \cong \dfrac{\Delta l_s}{H_s}$ — abaterea unghiulară produsă de deplasarea lineară Δl_s a poziției superioare a stîlpului de susținere a heliostatului sub acțiunea vîntului cu viteza de 10 m/s, pentru care se normează abaterea ;

$\alpha_{z12} \cong \dfrac{\Delta l_z}{H_h/2}$ — abaterea unghiulară produsă de deplasarea lineară Δl_h a poziției extreme superioare a heliostatului sub acțiunea vîntului cu viteza de 10 m/s (H_h fiind înălțimea suprafeței heliostatului) ;

α_{z13} — abaterea unghiulară produsă de jocurile în reductorul de turație ;

α_{z14} — abaterea unghiulară produsă de eroarea de poziționare a traductorului de poziție ;

α_{z15} — abaterea unghiulară produsă de jocurile în lagăre ;

α_{z2} — abaterea unghiulară de focalizare, care apare ca urmare că pata focală nu poate fi realizată punctiform și care va fi :

$$\alpha_{z2} \cong dp/[R(1 + k_z^2)]. \qquad (9)$$

Cu aceste considerente se obține :
— durata minimă a secvenței pasive :

$$t_{zpmin} = \alpha_{zdmin}/\omega_{hmax} ; \qquad (10)$$

— durata maximă a secvenței pasive :

$$t_{zpmax} = \alpha_{zdmax}/\omega_{hmin} ; \qquad (11)$$

— numărul maxim și cel minim de reorientări pe oră :

$$N_{zmax} = 3600/t_{zpmin} ; \; N_{zmin} = 3600/t_{zpmax} ; \qquad (12)$$

— durata minimă a perioadei active :

$$t_{zamin} = \alpha_{zdmin}/(\omega_z - \omega_{hmin}) ; \qquad (13)$$

— durata maximă a perioadei active :

$$t_{zamax} = \alpha_{zdmax}/(\omega_z - \omega_{hmax}). \qquad (14)$$

Pentru mișcarea pe azimut, procedînd în mod similar, a rezultat relația :

$$\alpha_\beta = -b_d \cdot \cos\alpha_H/[R(1 + k_z^2)] \qquad (15)$$

drumul unghiular disponibil fiind :

$$\alpha_{\beta d} = \alpha_\beta - 4\alpha_{\beta 1} - \alpha_{\beta 2}, \qquad (16)$$

unde :

$$\alpha_{\beta 1} = \alpha_{\beta 11} + \alpha_{\beta 12} + \alpha_{\beta 13} + \alpha_{\beta 14} + \alpha_{\beta 15};$$

$$\alpha_{\beta 11} = \alpha_{z11}; \quad \alpha_{\beta 13} = \alpha_{z13}; \tag{17}$$

$$\alpha_{\beta 14} = \alpha_{z14}; \quad \alpha_{\beta 15} = \alpha_{z15};$$

dar :

$$\alpha_{\beta 12} = \Delta l_z (\beta_h/2)^{-1}; \quad \alpha_{\beta 2} = -d_p \cos\alpha_H [R(1 + k_z^2)]^{-1}, \tag{18}$$

B_h fiind lățimea suprafeței heliostatului.

Pentru duratele perioadelor și numărul de reorientări, expresiile obținute sînt și ele similare cu cele de la mișcarea zenitală și anume :

$$t_{\beta pmin} = \frac{\alpha_{\beta dmin}}{\omega_{amax}}; \quad t_{\beta pmax} = \frac{\alpha_{\beta dmax}}{\omega_{amin}}; \tag{19}$$

$$N_{\beta max} = \frac{3600}{t_{\beta pmin}}; \quad N_{\beta min} = \frac{3600}{t_{\beta pmax}}; \tag{20}$$

$$t_{\beta amin} = \frac{\omega_{\beta dmin}}{\omega_\beta - \omega_{amin}}; \quad t_{\beta amax} = \frac{\alpha_{\beta dmax}}{\omega_\beta - \omega_{amax}}. \tag{21}$$

Analiza relațiilor stabilite arată următoarele :

a — vitezele de rotație la arborii heliostatului pot fi alese arbitrar, valorile stabilite determinînd duratele perioadelor active și numărul de acționări pe oră. Aceasta permite adaptarea unor motoare fără reglaj de turație;

b — se poate alege o valoare unică a vitezei pentru ambele mișcări, ceea ce conduce la utilizarea unui singur tip de motor;

c — valoarea trebuie astfel aleasă încît duratele perioadelor active să rezulte suficient de mari pentru ca numărul de conectări pe oră ale motorului să nu conducă la supraîncălziri inadmisibile ale acestuia.

1.2. *Analiza regimului de punere în steag*

Pentru mișcarea de punere în steag s-a adoptat soluția cu suprafața reflectantă în sus.

Condiția unghiulară care caracterizează poziția de steag este : $z_s = 90°$, deci drumul care trebuie parcurs de normală, într-o poziție oarecare de coordonate z, respectiv β, va fi :

$$\Delta z = 90° - z. \tag{22}$$

Evident, cursa maximă va fi atunci cînd coordonata curentă z, va avea valoarea maximă. Deși z nu poate fi niciodată zero ; se poate lua în mod acoperitor $\Delta z = 90°$, ceea ce conduce la relația :

$$t_{ps} = \pi/(2\pi\omega_{ps}), \tag{23}$$

în care :

t_{ps} reprezintă durata de punere în steag;

ω_{ps} — viteza zenitală a heliostatului cu care se realizează această mișcare.

2. Determinarea momentelor rezistente și a puterilor la arborii heliostatului

Momentul rezistent static pentru mișcarea pe înălțime are două componente : un moment produs de presiunea vîntului și altul datorat faptului că arborele respectiv nu este chiar în planul heliostatului.

În mod acoperitor s-a considerat că vîntul acționează pe o singură jumătate de heliostat în sensul opus mișcării acestuia, neglijîndu-se astfel efectul ajutător datorat celeilalte jumătăți. Expresia momentului maxim a rezultat :

$$M_{vzmax} = g_v \cdot \frac{N_m}{2} \cdot S_m \cdot \frac{H_h}{4}, \tag{24}$$

unde :

N_m este numărul de module de oglinzi pe un heliostat;

S_m — suprafața unui modul;

g_v — presiunea dinamică a vîntului la viteza acestuia V_s la care se face punerea în steag.

Momentul de dezechilibru maxim a rezultat cu relația :

$$M_{Gmax} = G \cdot d_G, \tag{25}$$

în care :

G este greutatea heliostatului;

d_G — brațul de aplicare a acestuia.

Momentul maxim pe înălțime este :

$$M_{zmax} = M_{vzmax} + M_{Gmax}. \tag{26}$$

În mod similar, pentru mișcarea azimutală (la care nu există însă dezechilibru), momentul rezistent maxim va fi :

$$M_{\beta max} = g_v \cdot \frac{N_m}{2} \cdot S_m \cdot \frac{B_h}{4}. \tag{27}$$

Puterile necesare la arborii heliostatelor sînt :

$$P_{zh} = \omega_z \cdot M_{zmax}; \quad P_{\beta h} = \omega_\beta \cdot M_{\beta max}. \tag{28}$$

3. Aplicație pentru centrala solaro-electrică cu turn de 1 MW, proiectată în România

Datele constructive luate în considerare pentru centrala proiectată au fost următoarele :

— pentru heliostate : $N_m = 16$; $S_m = 2{,}7$ m^2; $G = 2550$ kg; $d_G = 0{,}326$ m; $H_h = B_h = 6{,}872$ m; $\Delta l_s = 0{,}001$ m; $\Delta l_z = 0{,}002$ m; $g_v = 120$ N/m^2 (corespunzătoare vitezei vîntului de 14 m/s);

— pentru cîmpul de heliostate : $R_{min}=40$ m ; $R_{max}=220$ m ; $\varphi_{cmax}=110°$; $\alpha_p=0$; $N_h=350$ buc. ;
— pentru turn și receptorul termic : $H_T=80$ m ; $h_d=4$ m ; $b_d=5{,}5$ m ; $d_p=2$ m.

3.1. *Calculul vitezelor soarelui*

Deoarece, conform relațiilor (3) și (4), vitezele unghiulare (ω_h ; ω_a) ale soarelui depind de declinația sa (δ), s-a determinat cu relația (5) variația acesteia în cursul anului.

Rezultatele sînt prezentate grafic în figura 4. Se observă prezența a trei valori caracteristice : $+23{,}45°$; zero și $-23{,}45°$. Pentru aceste valori s-au calculat evoluțiile diurne ale vitezelor soarelui (în intervalul cuprins între orele 6 și 18 (fig. 5 și 6).

Se constată că valorile maxime corespund zilei cu declinația $\delta = +23{,}45°$ și sînt de : $10{,}693 \cdot 10^{-5}$ rad/s (pentru viteze pe înălțime) și $18{,}165 \cdot 10^{-5}$ rad/s (pentru viteza azimutală).

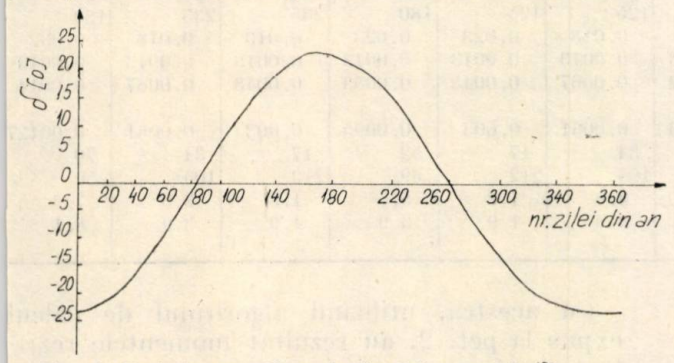


Fig. 4. Variația anuală a declinației soarelui (δ).

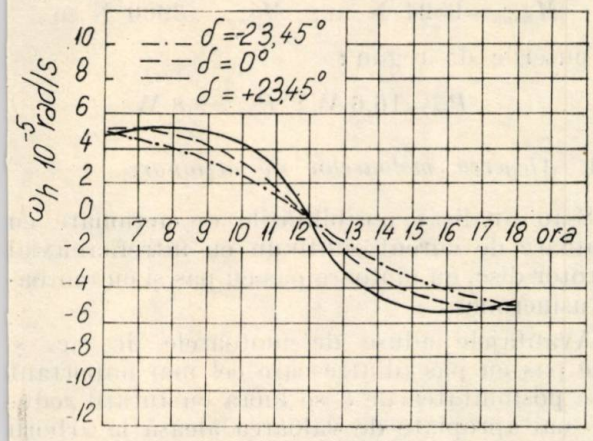


Fig. 5. Variația diurnă a vitezei soarelui pe înălțime.

Valorile absolute minime sînt de : zero (pentru mișcarea pe înălțime) și $4{,}545 \cdot 10^{-5}$ rad/s (pentru mișcarea pe azimut).

3.2. *Calculul principalelor mărimi de stare pentru heliostate cu poziții specifice în cîmp*

Cu relația (7), unghiul optim pentru înclinarea deschiderii cazanului a rezultat : $\alpha_{dcp}=19{,}93°$. S-a adoptat valoarea de 25° (0,436 rad).

Conform celor descrise la punctul 1.i. s-au calculat valorile principalelor mărimi de stare pentru cele nouă heliostate cu poziții specifice în cîmp, prezentate în figura 2.

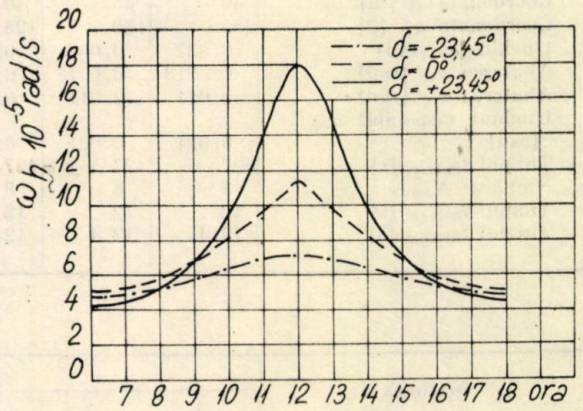


Fig. 6. Variația diurnă a vitezei soarelui pe azimut.

3.2.1. Analiza mișcării zenitale

Abaterile unghiulare de poziționare a petei reflectate, care nu depind de coordonatele heliostatului, au valorile :

$$\alpha_{z11} = \frac{0{,}001}{3{,}964} = 2{,}52 \cdot 10^{-4} \text{ rad} ;$$

$$\alpha_{z12} = \frac{2 \cdot 0{,}002}{6{,}872} = 5{,}82 \cdot 10^{-4} \text{ rad},$$

$$\sin \alpha_d = 0{,}432 \ ; \ \cos \alpha_d = 0{,}906,$$

$$\alpha_{z13} = 4{,}57 \cdot 10^{-4} \text{rad} \ ; \ \alpha_{z14} = 0{,}18 \cdot 10^{-4} \text{rad} ;$$

$$\alpha_{z15} = 0{,}1 \cdot 10^{-4} \text{rad}.$$

Restul mărimilor sînt cele din tabelul 1.

Se observă că duratele minime ale perioadelor pasive au valori relativ mari (între aproximativ 90 s — pentru heliostatele cele mai îndepărtate și 430 s — pentru cele mai apropiate), ceea ce conduce la un număr relativ redus de conectări pe oră ale motoarelor (între 8 și 40).

Duratele minime ale perioadelor active variază între 2,6 s și 12 s, ceea ce obligă la realizarea unor timpi de pornire ai acționării de ordinul a 0,4—0,5 s.

3.2.2. Analiza mișcării azimutale

Ținînd cont de cele expuse mai sus, valorile abaterilor constante vor fi : $\alpha_{\beta 1}=\alpha_{z1}=0{,}0013$ rad.

Mărimile care depind de poziția heliostatului sînt cele prezentate în tabelul 2.

Tabelul 1

Mărimea	Heliostatul nr.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Coordonata R [m]	40	40	40	126	212	212	212	126	126
Coordonata α_H [0]	235	180	125	125	125	180	235	235	180
Unghiul α_z [rad]	0,037	0,037	0,037	0,027	0,018	0,018	0,018	0,027	0,027
Abaterea α_{z1} [rad]	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
Abaterea α_{z2} [rad]	0,011	0,011	0,011	0,012	0,0083	0,0083	0,0083	0,012	0,012
Unghiul disponibil α_{zd} [rad]	0,021	0,021	0,021	0,0098	0,0045	0,0045	0,0045	0,0098	0,0098
Timpul t_{zpmin} [s]	427	427	427	199	91	91	91	199	199
Numărul N_{zmax}	8	8	8	18	40	40	40	18	18
Timpul t_{zamin} [s]	12	12	12	5,6	2,6	2,6	2,6	5,6	5,6
Timpul t_{zamax} [s]	12,4	12,4	12,4	5,8	2,7	2,7	2,7	5,8	5,8

Tabelul 2

Mărimea	Heliostatul nr.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Coordonata R [m]	40	40	40	126	212	212	212	126	126
Coordonata α_H [°]	235	180	125	125	125	180	235	235	180
Unghiul α_β [rad]	0,017	0,030	0,017	0,018	0,023	0,023	0,013	0,018	0,032
Abaterea $\alpha_{\beta 1}$ [rad]	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
Abaterea $\alpha_{\beta 2}$ [rad]	0,0062	0,011	0,0062	0,0067	0,0048	0,0083	0,0048	0,0067	0,0014
Unghiul disponibil $\alpha_{\beta d}$ [rad]	0,0056	0,0138	0,0056	0,0061	0,003	0,0095	0,003	0,0061	0,00127
Timpul $t_{\beta pmin}$ [s]	31	76	31	34	17	52	17	34	70
Numărul $N_{\beta max}$	116	47	116	106	212	69	212	106	50
Timpul $t_{\beta amin}$ [s]	3,3	8,1	3,3	3,6	1,8	5,6	1,8	3,6	7,5
Timpul $t_{\beta amax}$ [s]	3,6	8,8	3,6	3,9	1,9	3,9	1,9	3,9	8,1

Se constată că duratele minime ale perioadelor pasive au valori sensibil mai mici decît în cazul mișcării zenitale (între 17 și 76 s), rezultînd numere mai mari de conectări pe oră ale motoarelor (între 51 și 212).

Duratele minime ale perioadelor active sînt de ordinul a 2 s.

3.2.3. Analiza mișcării de punere în steag

S-a admis pentru durata punerii în steag valoarea utilizată curent și la alte centrale existente sau proiectate în străinătate și anume : t_{ps} =15 min.

Cu aceasta, utilizînd relația (23), viteza unghiulară de punere în steag a rezultat : $\omega_{ps} = 174{,}5 \cdot 10^{-5}$ rad/s.

Această valoare a fost adoptată și pentru mișcările de regim normal (respectiv pentru ω_z și ω_β).

3.3. *Calculul momentelor rezistente statice și al puterilor necesare la arborii heliostatelor*

S-a considerat că ipoteza privind acțiunea vîntului (vezi pct. 2) este prea acoperitoare și s-a aplicat o corecție subunitară momentelor rezistente corespunzătoare. Asemănător s-a considerat că printr-o echilibrare constructivă parțială momentul de dezechilibru poate fi redus.

Cu acestea, utilizînd algoritmul de calcul expus la pct. 2, au rezultat momentele rezistente :

$$M_{zmax}=9524 \text{ N} \cdot \text{m}; \quad M_{\beta max}=3900 \text{ N.m.}$$

și puterile de regim :

$$P_{zh}=16{,}6 \text{ W}; \quad P_{\beta h}=9{,}8 \text{ W}.$$

3.4. *Alegerea motoarelor de acționare*

S-au analizat posibilitățile de acționare cu motoare de curent continuu cu întrefier axial și rotor disc, cu motoare pas cu pas și cu motoare asincrone.

Avantajele aduse de motoarele de c.c. și cele pas cu pas (dintre care cel mai important este posibilitatea de a se lucra cu turații reduse, mai apropiate de valoarea aleasă la arborii heliostatului —0,0167 rot/min) au fost considerate ca insuficiente față de dezavantajele prezentate (cost ridicat de circa 10 ori mai mare decît al motoarelor asincrone, fiabilitate mai redusă, necesitatea unor echipamente de alimentare și comandă complicate etc.).

Din aceste motive s-a preferat utilizarea motoarelor asincrone trifazate.

Motoarele asincrone de fabricație curentă sînt dimensionate, de obicei, pentru un număr de șase conectări pe oră. De aceea, în afara unei

corecte corelări a caracteristicilor mecanice ale motorului cu cea a heliostatului, a apărut ca necesară verificarea la încălzire a motoarelor la numărul mare de porniri impus de funcționarea normală.

Pe de altă parte, turația redusă necesară la arborele heliostatelor impune intercalarea între motor și heliostat a unui reductor de turație. Pentru ca acesta să fie cît mai simplu este necesar ca turația motoarelor să fie cît mai mică.

S-au ales motoare de fabricație curentă la Intreprinderea de Mașini Electrice Pitești, cu următoarele date de catalog:

Tip: B5—90 S; P_n=370 W; U_n=380/220 V; I_n(la 380 V—Stea) = 1,44 A; M_n = =670 rot/min; $\cos\varphi_n$=0,6; m_p=1,4; m_m=1,9; i_p=3,5; η_n=0,61; p=4; M_n=5,28 N.m.; s_n=0,1067.

3.5. *Dimensionarea reductorului de turație*

Pentru simplificarea constructivă și o ușoară întreținere s-au adoptat sisteme de acționare (motor — reductor de turație) identice pentru cele două mișcări (zenitală și azimutală).

Raportul de transmisie preliminar a fost calculat la:

$$i_t = \frac{750}{0{,}0167} \cong 45\,000.$$

Admițînd un randament total al transmisiei de η_t=0,35, momentele rezistente statice și puterile de regim la arborii motoarelor au rezultat: 0,61 N.m, respectiv 48 W (pentru mișcarea pe înălțime) și 0,25 N.m, respectiv 20 W (pentru mișcarea pe azimut), valori care se realizează în mod acoperitor cu motoarele alese.

Schema cinematică de principiu a transmisiei este prezentată în figura 7.

Reductorul (pentru fiecare mișcare) este format din trei trepte închise într-o carcasă comună (treapta M — de tip melc — roată melcată și treptele 1 și 2 cu roți dințate cilindrice) și o treaptă finală exterioară (treapta 3 — cu roți dințate cilindrice).

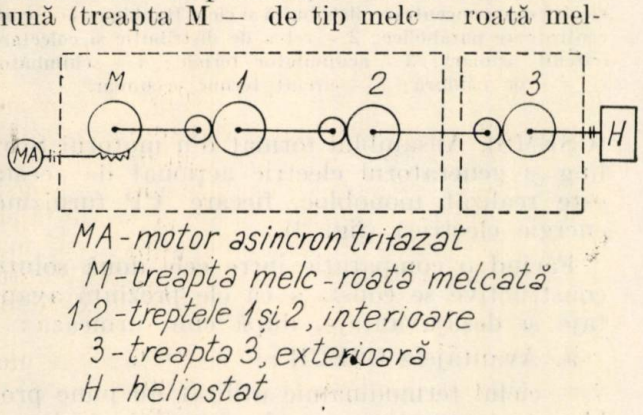


Fig. 7. Schema cinematică de principiu a motoreductorului pentru acționarea heliostatelor.

Raportul de transmisie total de proiect a rezultat: i_t=44667, iar randamentul total: η_t= =0,367.

3.6. *Încercările de laborator pentru motoarele electrice*

Pentru verificarea performanțelor motoarelor a fost conceput și realizat un stand de laborator.

În realizarea schemei de principiu a standului pentru încercarea motoarelor asincrone s-a avut în vedere asigurarea determinării caracteristicilor statice și dinamice pentru diferite regimuri de încărcare, precum și comportarea la solicitări termice pentru un număr sporit de cicluri de porniri—opriri pe oră.

Rezultatele obținute la încercările statice au indicat o concordanță satisfăcătoare cu datele prezentate de către constructor.

La încercările dinamice (porniri și opriri la diferite grade de încărcare) au rezultat timpi convenabili pentru ciclurile necesare (timp de pornire mediu de 0,42 s și timpi de oprire între 0,4 și 0,6 s).

Pentru determinarea comportării la un număr sporit de porniri pe oră s-au realizat mai multe serii de cîte 8 ore cu 300 porniri pe oră (300 cicluri: conectare 8 secunde mers în sarcină — deconectare — 4 secunde oprit).

Temperatura la carcasă nu a depășit 48°C, ceea ce (comparativ cu valoarea de 55°C indicată de constructor) arată că motorul are o comportare corespunzătoare.

3.7. *Dispozitive anexă*

Pentru alimentarea motoarelor a fost conceput și realizat un bloc de alimentare și comandă pentru fiecare heliostat prin care se realizează comenzile de pornire—oprire și inversare a sensului de rotație. Blocul este prevăzut cu comandă manuală (locală și de la distanță) și automată, cu interfețe pentru calculatorul de proces. Acționarea este prevăzută (pe fiecare motor) cu un dispozitiv de control al poziției heliostatului.

Dispozitivul constă dintr-un numărător de ture capabil să transmită calculatorului semnalele dreptunghiulare de frecvență corespunzătoare turației motorului.

Ambele dispozitive au fost testate în laborator cu rezultate bune.

Concluzii

Acționarea electrică a heliostatelor unei centrale solaro-electrice cu turn ridică o serie de aspecte complexe, multe dintre ele diferite de cele clasice.

Pentru prima centrală (de 1 MW) de concepţie românească s-au proiectat toate elementele sistemului de acţionare într-o soluţie ieftină şi realizabilă cu componente fabricate în ţară. Soluţia adoptată (acţionarea în curent alternativ, cu motoare asincrone) are avantajul simplităţii constructive la un grad satisfăcător de realizare a cerinţelor impuse.

Concentrator parabolic pentru centrale solaro-electrice cu concentrare distribuită*

Ing. V. Vărzaru, ing. M. Lauric, ing. T. Molnar **

Introducere

În cadrul cercetărilor efectuate la ICEMENERG privind realizarea centralelor solaro-electrice de înaltă temperatură cu ciclu termodinamic, una din direcţiile de cercetare vizează realizarea componentelor centralelor solaro-electrice cu concentrare distribuită, care folosesc pentru concentrarea energiei solare oglinzi cu formă de paraboloid de revoluţie.

În comparaţie cu centralele solaro-electrice cu heliostate şi cazan receptor amplasat în vîrful unui turn, centralele solaro-electrice cu concentrare distribuită care utilizează concentratoare parabolice au o serie de avantaje :

— Necesită o precizie de orientare mai mică cu aproximativ un ordin de mărime, respectiv de circa ± 10 mrad, ceea ce face ca sistemul de orientare automată să fie relativ simplu şi întru totul realizabil cu posibilităţile tehnice actuale, iar pierderile de energie datorită impreciziei de orientare să fie mai mici.

— Nu prezintă efectul de cosinus, datorită faptului că axa optică a concentratorului este permanent îndreptată spre soare. Acest lucru are drept consecinţă o mai bună utilizare a terenului şi oglinzilor.

— Nu prezintă efectul de obturare, ceea ce conduce la acelaşi avantaj de utilizare mai bună a terenului.

— Puterea unitară a centralei nu este limitată inferior, putîndu-se realiza şi centrale mici cu utilizări diverse.

Se disting în prezent două soluţii constructive posibile pentru centrale solaro-electrice (CSE) cu concentrare distribuită care utilizează concentratoare parabolice (CP) :

— CSE la care energia termică recepţionată în cazanele aflate în focarele CP este transmisă, prin intermediul unui agent termic primar, la un schimbător de căldură central, cu rol de vaporizator al unui agent termic secundar care evoluează într-un ciclu Rankine (CSECR) (fig. 1.).

— CSE la care energia solară concentrată în focarul fiecărui CP este folosită la acţionarea unui motor Stirling amplasat tot în focar

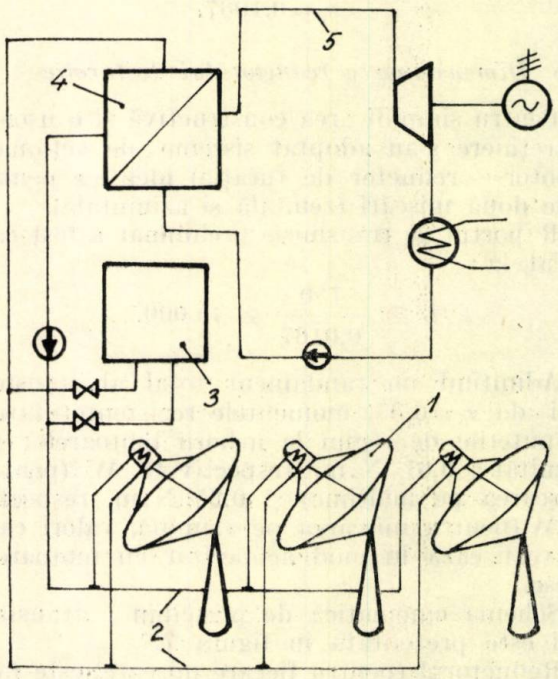


Fig. 1. Componentele principale ale unei centrale solaro-electrice cu concentrare distribuită şi ciclu Rankine : 1 — concentratoare parabolice ; 2 — reţea de distribuţie şi colectare (circuit primar) ; 3 — acumulator termic ; 4 — schimbător de căldură ; 5 — circuit termic secundar.

(CSEMS). Ansamblul format din motorul Stirling şi generatorul electric acţionat de acesta este realizat monobloc, fiecare CP furnizînd energie electrică (fig. 2).

Făcînd o comparaţie între cele două soluţii constructive se constată că ele prezintă avantaje şi dezajavantaje, după cum urmează :

a. Avantajele CSECR :

— ciclul termodinamic utilizat nu pune probleme constructive sau de funcţionare deosebite, existînd experienţă şi realizări în această privinţă ;

* Comunicare prezentată la Conferinţa Naţională de Energetică — Bucureşti, 23—25 noiembrie 1983.

** Ing. V. Vărzaru şi ing. M. Lauric lucrează la ICEMENERG, iar ing. T. Molnar lucrează la ICSITEE — filiala Cluj-Napoca.

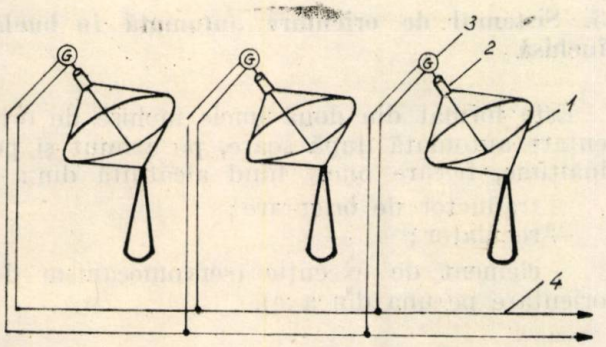


Fig. 2. Componentele principale ale unei centrale solaro-electrice cu concentrare distribuită care utilizează motoare Stirling : 1 — concentratoare parabolice ; 2 — motor Stirling ; 3 — generator electric ; 4 — reţea electrică.

— poate furniza şi energie termică, cu nivel relativ ridicat de temperatură (200÷250°C), dacă se renunţă la transformarea unei părţi din energia incidentă în energie electrică.

b. Dezavantajele CSECR :

— este necesară racordarea fiecărui CP, prin intermediul unor racorduri flexibile, la reţeaua hidraulică de distribuţie a agentului termic primar care are parametrii 220÷300°C, 20 bar ;

— echilibrarea reţelei, corelată cu reglajul automat al debitului de agent termic primar, prin fiecare cazan receptor, pune probleme dificile.

c. Avantajele CSEMS :

— randament total al centralei ridicat datorită utilizării motorului Stirling, care poate realiza randamente de conversie a energiei termice în energie mecanică de peste 30% [6];

— posibilitatea concentratoarelor de a furniza direct energie electrică plus energie termică cu nivel coborît de temperatură, în sistemul TOTEM, ceea ce măreşte eficienţa instalaţiei ;

— nu există reţea hidraulică cu agent termic primar, la temperaturi şi presiuni relativ ridicate ; circuitele de răcire ale motoarelor Stirling se pot realiza cu racorduri flexibile curent utilizate în aceste scopuri ; de asemenea, circuitele electrice nu pun probleme de racordare la concentratoare.

b. Dezavantajele CSEMS :

— pe plan mondial există puţine firme care au reuşit să producă serii mici de motoare Stirling, datorită faptului că soluţiile constructive şi tehnologice nu sînt suficient de bine puse la punct. În consecinţă, realizarea de motoare Stirling în ţara noastră necesită o cercetare de anvergură corespunzătoare.

Avînd în vedere cele de mai sus, în ICEMENERG, în această etapă, se fac cercetări pentru realizarea componentelor CSECR, cu menţiunea că se urmăreşte ca soluţiile constructive adoptate să poată fi utilizate şi în cazul în care se vor realiza motoare Stirling pentru CSEMS.

Principalele componente ale unei CSECR (fig. 1) sînt :

— concentratoarele parabolice ;

— reţeaua de distribuţie şi colectare a agentului termic primar, care preia energia termică de la cazanul aflat în focarul fiecărui concentrator parabolic ;

— acumulatorul de energie termică ;

— schimbătorul de căldură prin care energia termică este cedată unui agent termic secundar sau direct utilizatorului (funcţie de natura procesului alimentat cu energie termică).

Partea componentă care pune cele mai dificile probleme în privinţa realizării este concentratorul parabolic, deoarece soluţiile constructive reclamă tehnologii complexe.

În figura 3 este reprezentat schematic un concentrator parabolic, pentru a se pune în evidenţă principalele lui subansambluri :

— structura de rezistenţă, care susţine suprafaţa reflectantă ;

— suprafaţa reflectantă (oglinzile) ;

— receptorul termic (cazanul sau motorul Stirling) ;

— circuitul tur-retur pentru agentul termic primar ;

— traductorul de orientare ;

— regulatorul ;

— servomecanismul de acţionare pentru orientarea automată a concentratorului parabolic ;

— stîlpul de susţinere şi fundaţia.

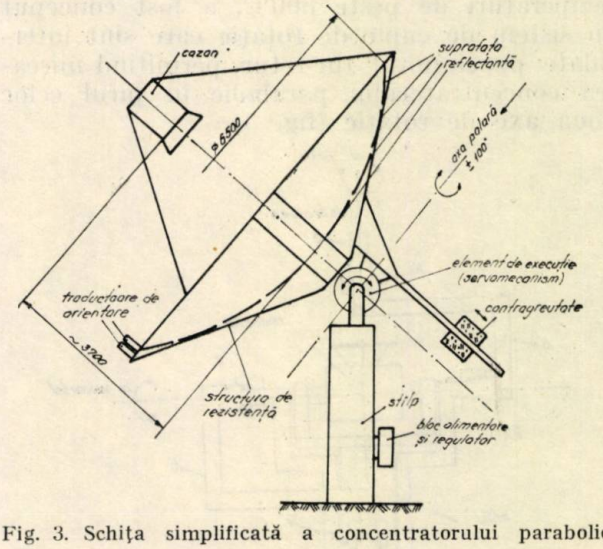


Fig. 3. Schiţa simplificată a concentratorului parabolic.

În cursul cercetărilor din ICEMENERG au fost adoptate o serie de soluţii constructive deosebite pentru unele subansambluri ale concentratorului parabolic, avîndu-se în vedere ca realizarea să fie posibilă cu tehnologii şi materiale existente în ţară.

1. Structura de rezistență

Structura de rezistență are o formă tronconică, cu baza mare spre receptorul termic (fig. 4).

Baza mică și laturile sînt construite din profile I expandate, iar baza mare din 8 spițe

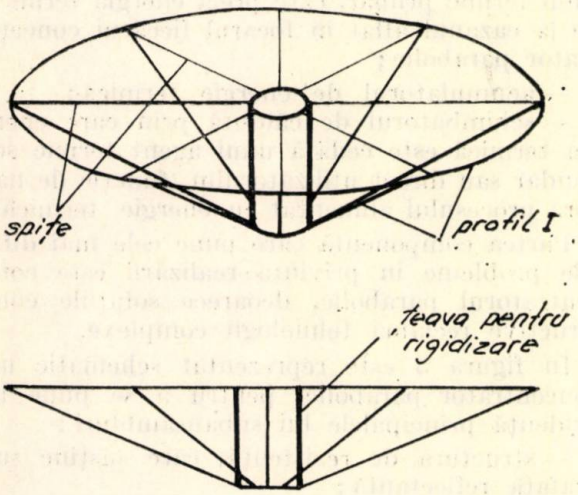


Fig. 4. Principalele elemente ale structurii de rezistență.

(bară oțel Ø 18 mm). Cele două baze sînt legate între ele printr-o țeavă de rigidizare.

Această construcție, cu toată supleţea sa, asigură o bună rigiditate.

2. Circuitul termic

Avînd în vedere că în țară nu se fabrică conducte flexibile care să funcționeze pînă la temperaturi de peste 300°C, a fost conceput un sistem de cuple de rotație care sînt intercalate pe circuitul tur-retur, permițînd mișcarea concentratorului parabolic în jurul celor două axe de rotație (fig. 5).

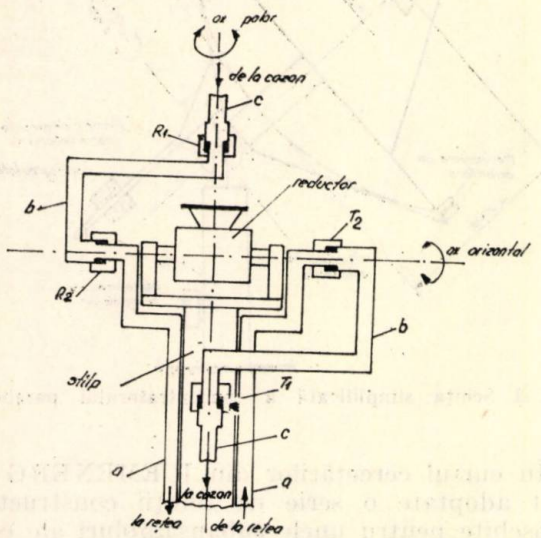


Fig. 5. Sistemul de cuple de rotație : a — conducte solidare cu stîlpul ; b — conducte mobile ; c — conducte solidare cu structura de rezistență ; R_1, R_2 — cuple pe circuitul de retur ; T_1, T_2 — cuple pe circuitul de tur.

3. Sistemul de orientare automată în buclă închisă

Este format din două bucle închise de orientare automată după soare, pe azimut și pe înălțime, fiecare buclă fiind alcătuită din :

— traductor de orientare ;
— regulator ;
— element de execuție (servomecanism de orientare pe una din axe).

3.1. *Traductorul de orientare*

Este de tip diferențial, constituit din două fotocelule identice, amplasate la marginea zonei de umbră formată de către o placă opacă dreptunghiulară, pe un ecran (fig. 6).

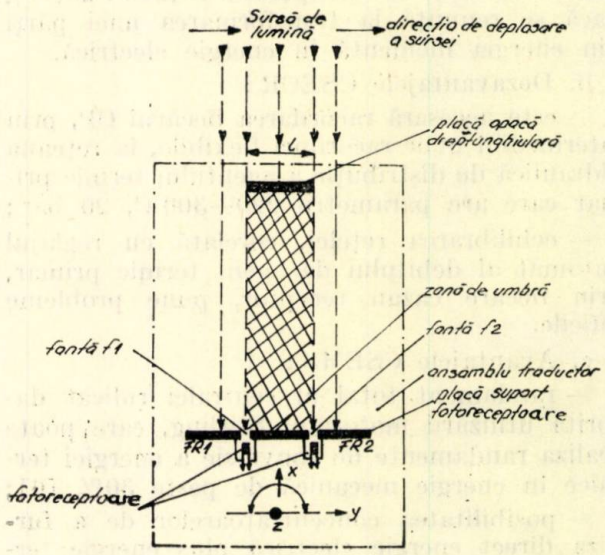


Fig. 6. Schița simplificată a traductorului de orientare.

La deplasarea sursei de lumină (soarele) care emite un fascicul de raze considerat în primă aproximație ca fiind format din raze paralele, egalitatea iluminărilor celor două fotoreceptoare FR 1 și FR 2 se modifică, apărînd o diferență de iluminare, care este tradusă într-un semnal electric. Acest semnal electric, prin intermediul buclei de reglare automată, acționează asupra suportului traductorului (structura de rezistență a concentratorului parabolic) rotindu-l în jurul axei Z pentru restabilirea egalității iluminărilor fotoreceptoarelor. Figura 7 prezintă traductorul realizat.

3.2. *Regulatorul*

Pentru regulator s-a ales o schemă de amplificator diferențial, realizată cu un amplificator operațional, urmată de un amplificator de putere pentru acționarea releelor de comandă a servomotorului (fig. 8).

Pentru probe în laborator asupra traductorului și regulatorului a fost realizat un stand experimental, la care s-a utilizat, în locul servomecanismului proiectat pentru concentratorul parabolic (care este în prezent în faza de

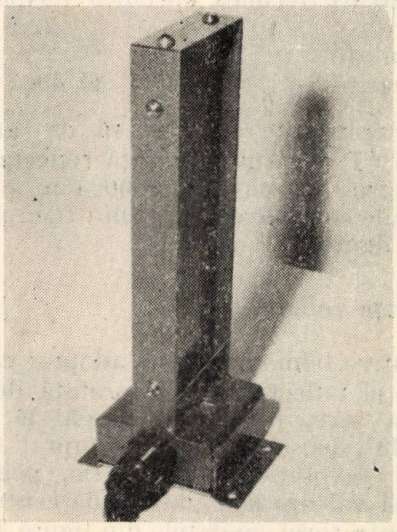


Fig. 7. Traductorul de orientare.

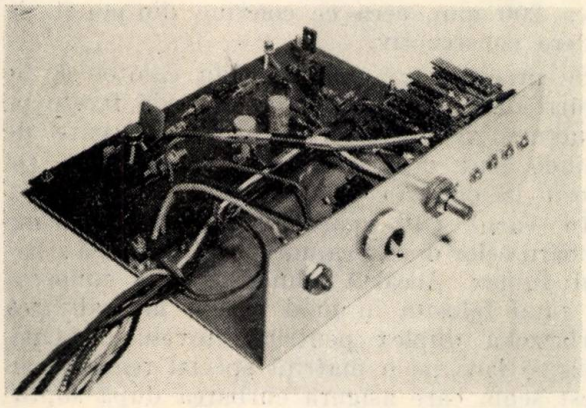


Fig. 8. Regulatorul de orientare automată — montaj experimental.

execuție), un servomecanism de putere redusă, pe care a fost montat traductorul de orientare (fig. 9).

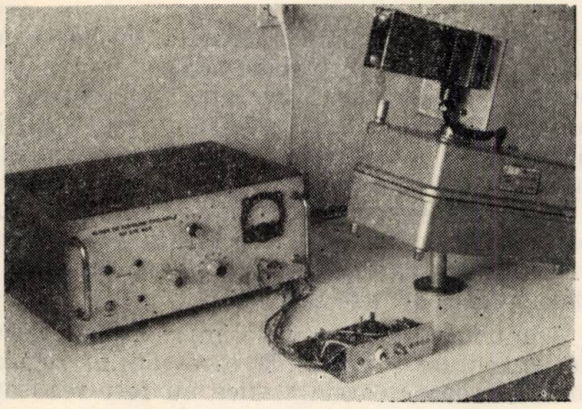


Fig. 9. Stand experimental pentru probe asupra traductorului și regulatorului de orientare automată.

Precizia de orientare realizată de ansamblul traductor de orientare, regulator și servomecanism utilizat la standul experimental, a fost mai bună de 1 mrad, ceea ce deschide perspectiva utilizării lui în cadrul unui sistem în buclă închisă pentru orientarea automată a heliostatelor la o CSE cu turn.

Concluziile experimentărilor regulatorului au servit la proiectarea și realizarea unui echipament de automatizare autonom, denumit bloc de alimentare și comandă BAC (fig. 10), având următoarele funcțiuni :

— reglare automată în buclă închisă pe înălțime și azimut ;

— alimentarea de la rețeaua trifazată 380 V a celor două servomotoare (motoare electrice asincrone) pentru acționarea CP pe azimut și înălțime ;

— inversarea sensului de rotație a servomotoarelor ;

— oprirea automată la cap de cursă ;

— evitarea aplicării simultane, accidentale, a comenzilor de rotație în ambele sensuri la un servomotor ;

— comanda manuală a mișcării CP în situații speciale (lucrări de reparații sau reglaj, defectarea comenzii automate etc.) ;

— protecția la scurtcircuit și la suprasarcină de durată a servomotoarelor.

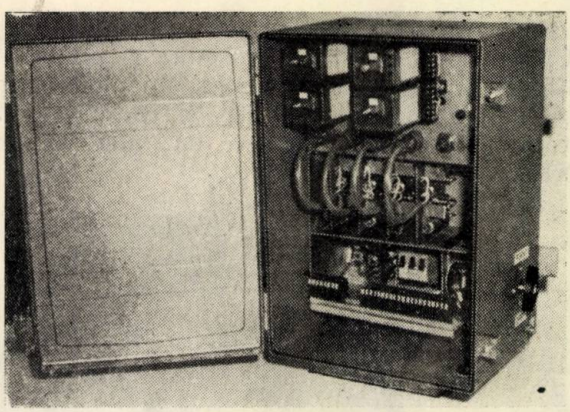


Fig. 10. Bloc de alimentare și comandă.

Operațiile de pornire și inversare a sensului de rotație se fac, pe partea circuitelor servomotoarelor, prin intermediul contactoarelor statice (fig.11).

Fiecare BAC conține patru plăci contactor static și cîte două plăci regulator.

BAC este conceput să funcționeze în exterior, fiind montat pe stîlpul de susținere al CP. Prin scoaterea plăcilor regulator, BAC poate fi utilizat ca interfață între heliostatele de la CSE cu turn și calculatorul de orientare automată în buclă deschisă.

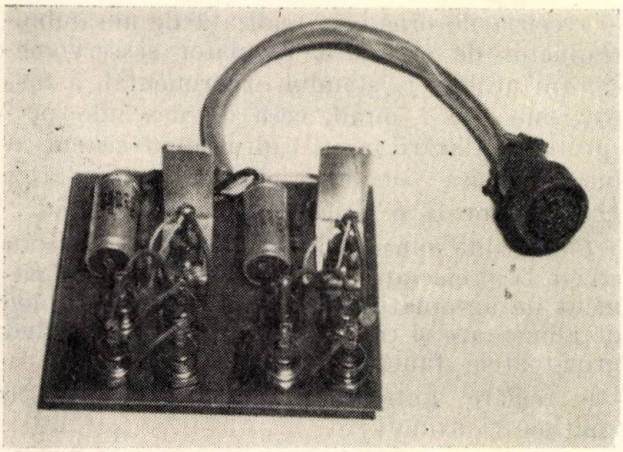


Fig. 11. Contactor static.

3.3. *Elementul de execuţie*

Pentru rotirea CP în jurul celor două axe, se utilizează un ansamblu format din două motoare electrice trifazate şi două reductoare de turaţie cu roţi dinţate. Motoarele electrice au puterea nominală de 90 W şi turaţia de 700 rot/min, fiind alimentate de la reţeaua trifazată de 380 V.

Reductorul de turaţie este de construcţie specială, avînd un raport de reducere de 1/45000 realizat cu patru trepte de reducere, din care una melcată, pentru autoblocare.

4. Receptorul termic (cazanul solar)

Pe baza temei de proiectare elaborată de ICEMENERG, a fost proiectat şi realizat la ICSITEE, filiala Cluj-Napoca, un model experimental de cazan solar tip cavitate (fig. 12), prevăzut să funcţioneze cu ulei mineral (NID 8170—79).

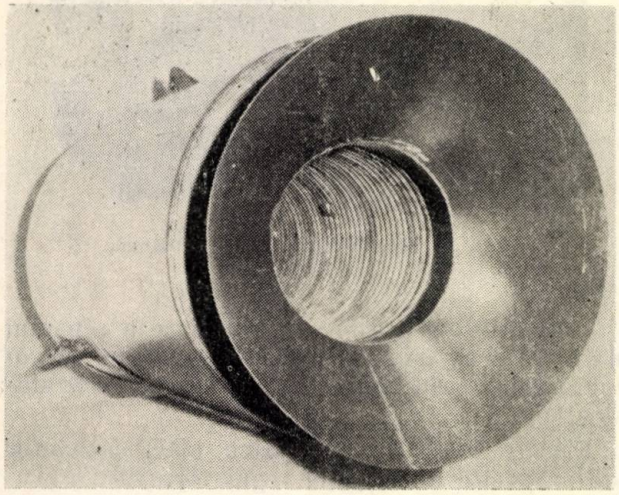


Fig. 12. Model experimental de cazan.

Principalele caracteristici tehnice ale cazanului sînt :

— Debit agent termic	0,18—0,52 kg/s
— Debit caloric nominal	12,5 kW
— Debit caloric maxim	18 kW
— Presiune nominală	20 bar
— Temperatură intrare ulei	220°C
— Temperatură ieşire ulei	300°C
— Suprafaţa de încălzire	0,42 m^2
— Încărcare termică specifică medie	32,5 kW/m^2
— Greutate	55 kg
— Gabarit	Ø 400; h=850

Acest cazan este destinat să fie amplasat în focarul CP a cărui suprafaţă reflectantă are un diametru aparent de 6500 mm (celelalte elemente ale concentratorului sînt figurate schematic în figura 3).

5. Suprafaţa reflectantă

Din motive tehnologice, s-a adoptat ca formă a suprafeţei reflectante, o suprafaţă de calotă sferică, la care, pentru un unghi la centrul sferei de 48°, deosebirile faţă de suprafaţa paraboloid de revoluţie sînt, practic, neglijabile. Cu această valoare a unghiului de centru, pentru concentratorul cu datele din figura 3, se obţine o pată focală cu diametrul minim de circa 200 mm, ceea ce convine din punct de vedere constructiv.

Se preconizează ca suprafaţa calotei să fie formată din 88 elemente de oglindă fixate pe structura de rezistenţă. Aceste elemente de oglindă sînt de acelaşi tip (duplex), ca cel folosit la oglinzile heliostatelor.

În cazul CP apare, în plus, problema curbării celor două geamuri care formează sistemul duplex. Această tehnologie este cunoscută, fiind folosită în mod curent la realizarea parbrizelor duplex pentru autovehicule. Operaţia se face pe o matriţă special realizată în acest scop, care asigură curbarea după suprafaţa de calotă sferică.

Pe baza experimentărilor se vor trage concluzii privind precizia suprafeţei elementelor de oglindă.

6. Consideraţii finale

Sistemul de reglare automată în buclă închisă realizează o precizie de orientare mai bună de 1 mrad, ceea ce satisface, cu rezervă suficientă, precizia necesară CP(circa $\pm$10 mrad), situindu-se la nivel mai ridicat în comparaţie cu realizările similare cunoscute din literatură.

În timpul experimentărilor pe concentratoare parabolice, la scara 1 :1, urmează să se pună în acord regulatorul cu funcţia de transfer a elementului de execuţie.

Traductorul de orientare împreună cu blocul de alimentare şi comandă care conţine regulatorul şi contactoarele statice au fost realizate cu componente fabricate în ţară, urmărindu-se ca acestea să pună probleme minime de între-

ținere în exploatare (concepție modulară), să aibă fiabilitate ridicată, iar prețul să fie cît mai mic. Se estimează că prețul ansamblului traductor de orientare și bloc de alimentare și comandă nu va depăși 25 000 lei în cazul producției de serie.

Receptorul termic, de asemenea realizat, reprezintă prima variantă a unui cazan solar pentru CP a cărui experimentare urmează să furnizeze date pentru precizarea soluției constructive optime și a regimurilor de funcționare.

Restul componentelor CP sînt în realizare avansată, experimentările programate pe ansamblul instalației urmînd să stabilească perfecționările care trebuie aduse echipamentelor în vederea omologării.

Bibliografie

[1] * * * *Centrală solaro-electrică experimentală de înaltă temperatură cu ciclu termodinamic.* ICEMENERG, C-da 25.467, fazele dec. 1982 și oct. 1983.

[2] * * * *Centrale solaro-electrice cu concentratoare și turn.* ICEMENERG, C-da 15.438/1980.

[3] Perrier, J. L. *Énergie solaire et hydrogène.* ETFF 1980.

[4] Audibert, M. *Programme solaire THEK : Production de chaleur à des fins industrielles.* În : Revue Générale de Thermique, iunie—iulie 1981, p. 509—518.

[5] Bernard, R., Menguy, D., Schwartz, M. *Le rayonnement solaire. Conversion thermique et applications.* Ed. Technique et Documentation, 1980.

[6] Mihăilescu, C., Cristian, T. *Studiu preliminar privind realizarea în concepție proprie, în R.S.R., a noilor familii de motoare termice, cu ardere externă, regenerative în ciclu termoenergetic închis — tip Stirling.* INMT, București, 1983.

Alegerea amplasamentului și concepției de plan general pentru centrala solaro-electrică experimentală de 1 MWe

Ing. M. Stoian, ing. V. Teodorescu, ing. Vl. Vorobchievici*

Introducere

Proiectarea centralei solaro-electrice experimentale de 1 MWe a pus, încă din faza de studiu, probleme deosebite în ceea ce privește concepția de plan general și alegerea amplasamentului.

Articolul de față își propune descrierea sumară a acestor probleme și a cîtorva soluții de principiu de plan general și amplasament, izvorîte din studierea cerințelor impuse de complexitatea lucrării, în stadiul actual de proiectare.

1. Planul general al centralei solaro-electrice

Incinta specifică a centralei cuprinde unul sau mai multe ansambluri de captare a energiei solare, fiecare fiind alcătuit din cîmp de heliostate, cîmp de concentratoare parabolice, turn cu cazan solar, rețele energetice și utilitare ; incinta convențională a centralei cuprinde corpul turbinelor, instalații de tratare chimică a apei, laboratoare, ateliere, rețele energetice și utilitare, structura fiind adaptată și în funcție de eventuala amplasare în imediata vecinătate a unei CT, CET sau CTE.

S-a studiat dispoziția generală cadru a instalațiilor și construcțiilor energetice pentru cerințele specifice centralei solare cu cîmp de heliostate și turn, în condițiile în care cele mai multe probleme cu caracter de noutate le grupează cîmpul de heliostate.

Pentru captarea și concentrarea radiației solare se prevede montarea unui număr mare de heliostate, care trebuie să urmărească sistematic mișcarea aparentă a soarelui, reflectînd radiațiile spre cazanul solar, în condițiile unor distanțe mari între oglinzi și receptor.

Mișcarea aparentă, continuă și sistematic neuniformă a sursei de energie și precizia necesară pentru țintirea focarului termic al ansamblului de heliostate creează probleme teoretice și tehnice deosebite și specifice, a căror rezolvare se încearcă în cadrul unor cercetări comune între ICEMENERG, Centrul de Astronomie și Științe Spațiale și ISPE ; cercetările și studiile efectuate sînt în curs de finalizare, prin trecerea la elaborarea de soluții pentru proiecte-cadru și proiecte concrete.

Cîmpul de heliostate constituind problema-cheie a planului general și fiind complex interdependent față de amplasamentul centralei solare, în stadiul actual s-au elaborat soluții-cadru, cu prevederi de prim-plan pentru realizări în multe etape și pentru adaptabilitate maximală, atît față de condițiile locale specifice diverselor amplasamente care ar putea fi adoptate, cît și față de diverse evoluții previzibile pentru noile tehnologii de conversie a energiei solare în energie termică și/sau energie electrică. Dezvoltarea cîmpului de heliostate s-a prevăzut în etape energetice de cîte 1 MWe, în variante de plan general care se diferențiază prin diferite dispoziții relative ale modulelor ansamblului de heliostate (fig. 1).

Pentru profiluri finale de 4—6 MWe, s-au conceput variante-cadru cu turn unic sau cu 2...4...6 turnuri pentru cazanul/cazanele folosind energie solară, configurațiile respective urmînd a fi comparate din punct de vedere

* Autorii lucrează la ISPE București.

energetic, teritorial, constructiv utilitar și economic, în scopul optimizării soluțiilor de adoptat pentru diferite amplasamente concrete.

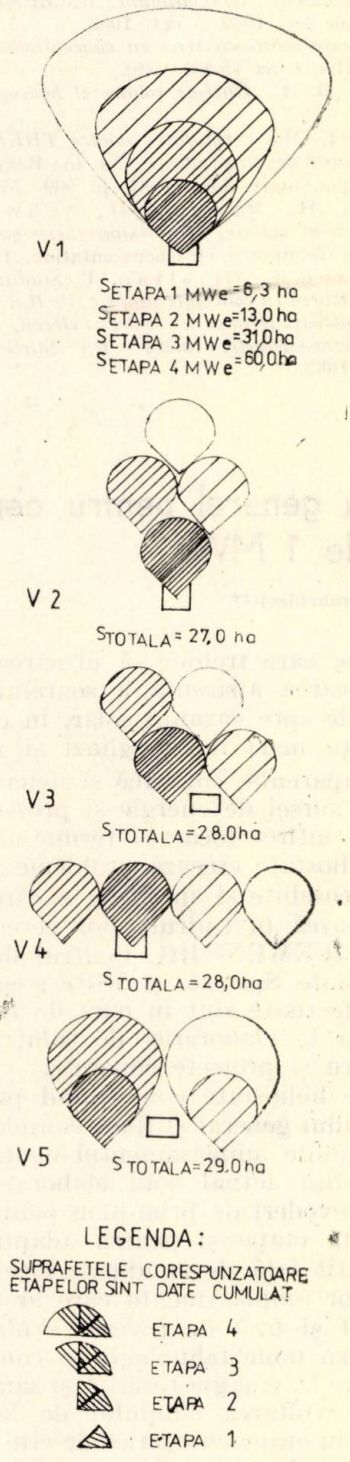


Fig. 1. Etape de realizare și variante de plan general-cadru.

Unele caracteristici principale de plan general sînt date în tabelul 1.

Dispoziția-cadru a heliostatelor s-a prevăzut cu configurație circulară, pe un sector de 110°, cu dispoziție simetrică față de un ax orientat N—S și trecînd prin centrul cazanului solar, localizările făcîndu-se prin coordonate polare, ținînd seama de planeitatea și pantele terenului, înălțimea turnului, dimensiunile și precizia preliminată a orientării heliostatelor, precum și de unele servituți eventuale, specifice locale.

Atît distanțele între rînduri, cît și cele dintre heliostatele din fiecare rînd rezultă din optimizarea condițiilor de evitare sau reducere a efectelor reciproce de umbrire — obturare.

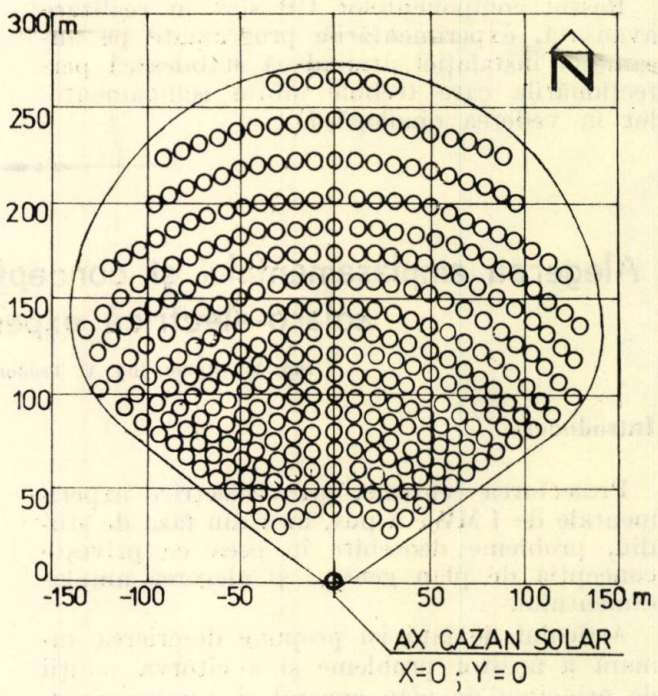


Fig. 2. Cîmp de heliostate. Dispunere cadru în teren plan pentru etapa 1 MWe.

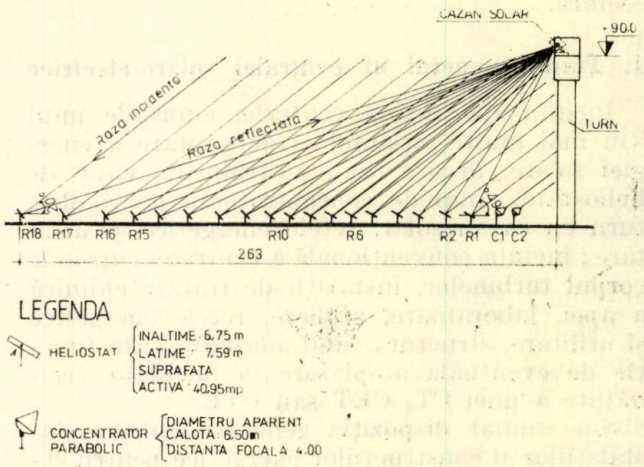


Fig. 3. Cîmpul de heliostate. Secțiune longitudinală cadru pentru teren plan.
(R_i = rînd de heliostate ; C_j = rînd de concentratoare parabolice)

Ca urmare a cercetărilor efectuate de CASS, s-a elaborat un program complex de calcul, pe baza căruia se poate caracteriza și ordona energetic fiecare heliostat în parte.

Tabelul 1

Caracteristici principale și indicatori cadru pentru cîmpul de heliostate și incinta centralelor solare, pe etape de realizare și variante de plan general

	INDICATORI CADRU / CARACTERISTICI PRINCIPALE			ETAPE DE REALIZARE (PUTERI NOMINALE)															
			ETAPA	1 (1MWe)	2 (2MWe)				3 (3MWe)					4 (4MWe)					
			PUTERE	1x1 MWe	1x2 MWe	2x1 MWe			1x3 MWe	3x1 MWe			1+2 MWe	1x4 MWe	4x1 MWe			2x2 MWe	
			VARIANTA / U.M.	V1...V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	HELIOSTATE	NUMAR HELIOSTATE	buc.	350	740	700	700	700	700	1200	1050	1050	1050	1090	1760	1400	1400	1400	1480
2	HELIOSTATE	SUPRAFATA HELIOSTATE	mii m^2	14,3	30,3	28,7	28,7	28,7	28,7	49,1	43	43	43	44,6	72	57,3	57,3	57,3	60,6
3	TEREN	SUPRAFATA TEREN	ha	6,3	13	12	12,5	12,5	18	31	19	19	20	22	60	27	28	28	29
4	TEREN	DIMENS. MAX. TEREN PE DIR. N-S	m	330	540	550	535	330	280	725	550	535	330	490	950	735	535	330	490
5	TEREN	DIMENS. MAX. TEREN PE DIR. E-V	m	270	440	410	440	540	700	700	540	540	810	790	1080	540	650	1080	880
6	PUTERE	PUTERE TERMICA SP. (PE M^2 HELIOSTAT)	$\frac{kWt}{m^2 hel.}$	0,45	0,43	0,45	0,45	0,45	0,45	0,40	0,45	0,45	0,45	0,44	0,36	0,45	0,45	0,45	0,43

Pentru obținerea de energie termică solară s-au prevăzut și captatoare de tip parabolic, fiecare captator avînd focar propriu, problemele de dispoziție în teren fiind analoage celor pentru heliostate, cu simplificările rezultate din reducerea substanțială a cerințelor de evitare a efectelor de obturări reciproce, pentru radiațiile reflectate.

S-au prevăzut soluții atît pentru menținerea maximală a cîmpului de captatoare ca teren în circuitul agricol, cît și pentru recuperarea în acest scop a unor suprafețe de terenuri anterior neagricole.

Este de subliniat faptul că metodologia propusă permite folosirea sa și pentru captatoare echipate cu celule fotovoltaice, pentru conversia directă a energiei solare în energie electrică.

În cadrul problemelor de plan general specifice centralelor solare cu cîmp de heliostate, s-a analizat și o serie de cerințe privind concepția rețelelor destinate orientării automate a heliostatelor și a concentratoarelor parabolice, a conductelor termice lucrînd la parametri ridicați, precum și pentru spălarea, întreținerea și repararea instalațiilor, în condițiile implicațiilor rezultate din numărul mare de unități de lucru, a distanțelor și a suprafețelor mari de teren necesar.

3. Alegerea amplasamentului centralei solaro-electrice

3.1. *Criterii de alegere a amplasamentului*

Pentru alegerea amplasamentului centralei solaro-electrice s-au avut în vedere: date de plan general referitoare la terenurile libere care se pretează la o asemenea utilizare, date meteorologice și aspecte privind aprecierea facilităților de realizare și exploatare. S-au conturat astfel grupuri de cerințe specifice, care caracterizează toate amplasamentele posibile dintr-o zonă anume. S-au eliminat, evident, criteriile comune tuturor amplasamentelor (cum ar fi suprafața minimă, orientarea terenului etc.), care nu ajută la alegerea amplasamentului optim.

Aceste cerințe specifice s-au grupat deci, în cele ce urmează, în trei categorii și anume: referitoare la teren, referitoare la condițiile meteorologice și referitoare la facilități.

3.2. *Cerințe specifice referitoare la teren*

Primul criteriu care s-a luat în considerare în această categorie a fost suprafața terenurilor libere, indicate de organele locale din zona în care se alege amplasamentul.

Suprafața minimă necesară etapei aferente puterii de 1 MWe este de circa 6,3 ha. S-au acordat priorități terenurilor de suprafețe mari, care se pretează extinderilor ulterioare (în etapele 2, 3, 4), luîndu-se în considerare aspectele privind dezafectarea unor terenuri cultivate. Terenurile au fost de asemenea apreciate din punctul de vedere al reliefului (plan, convențional plan sau avînd pantă favorabilă), preferîndu-se, evident, cele cu pantă favorabilă sau plane, acestea din urmă punînd cele mai puține probleme la amenajare. Din punctul de vedere al accesibilității, amplasamentele au fost apreciate ca avînd acces auto, feroviar sau fluvial. S-a luat în considerare, de asemenea, gradul de seismicitate al zonei.

Din punctul de vedere al diverselor riscuri, amplasamentele au fost caracterizate ca fiind : fără riscuri, prezentînd riscuri pentru aviație (din cauza efectului posibil de orbire a piloților), prezentînd riscuri de incendiere accidentală pentru zone cultivate sau cu construcții, cu riscuri de inundație sau cu alte riscuri.

Un criteriu foarte important referitor la teren este cel legat de posibilitatea realizării lucrărilor necesare fundării pentru infrastructurile echipamentelor și ale construcțiilor. În general, amplasamentele care nu necesită dezafectarea de terenuri arabile sînt, din punctul de vedere al condițiilor de fundare, foarte slabe. Din această cauză, în special pentru fundațiile heliostatelor, cu o suprafață expusă la vînt de 30—50 m² și cu o greutate proprie de 2—3 t, amplasarea în astfel de terenuri pune probleme foarte grele.

3.3. *Cerințe specifice referitoare la condiții meteorologice*

Din punctul de vedere al condițiilor meteorologice, cel mai important criteriu este cel care se referă la însorire. În acest sens, s-au folosit datele statistice existente, care indică teritoriul în care perioada de însorire este relativ mare. În mod deosebit au fost luate în considerație zonele în care numărul mediu anual de ore de strălucire a soarelui depășește 2200 sau cel puțin 2100 ore ; acestea cuprind toată Dobrogea, Oltenia și Muntenia (mai puțin zona subcarpatică și de munte), sudul Moldovei și vestul Banatului.

S-au luat în considerare și alte condiții meteorologice, cum sînt : nebulozitate naturală, umiditate etc.

Un criteriu important de apreciere a calității amplasamentelor este legat de ceața salină, a cărei prezență este defavorabilă pentru echipamentele montate în aer liber ; în acest sens au fost inițiate studii ale căror concluzii vor servi și la protejarea acestor echipamente.

În sfîrșit, amplasamentele au fost caracterizate din punctul de vedere al condițiilor existente pentru eventuala montare a unor generatoare electrice eoliene, apreciindu-se calitatea vîntului (intensitate, frecvență).

3.4. *Cerințe specifice referitoare la facilități de realizare și exploatare*

Prima cerință generală din această categorie a vizat aspecte economice în realizarea centralei solare electrice experimentale. S-a căutat ca, fără a se restrînge obiectivele urmărite, amplasamentele să poată fi amenajate cu cheltuieli minime, iar energia livrată să fie cît mai larg și deplin utilizată. În acest sens, s-a impus cu prioritate căutarea de amplasamente situate lîngă o centrală termică sau termoelectrică, amplasamente care prezintă mari avantaje legate de cooperarea pe multiple planuri (tehnic, organizatoric, al spațiului pentru laboratoare, al facilității racordurilor etc.). O atenție deosebită s-a acordat consumatorilor de energie termică existenți sau potențiali, precum și alimentării cu apă de răcire ; și din aceste puncte de vedere, amplasamentele situate lîngă centrale prezintă avantaje de netăgăduit.

Un ultim aspect luat în considerare, dar nu cel mai puțin important, este legat de satisfacerea cerințelor social-culturale ale personalului, situarea în apropierea unor centre urbane sau rurale fiind apreciată în consecință.

Unele efecte ale acumulării căldurii în sistemele de termoficare

Ing. Al. Mihăilă, ing. C. Bilegan, chim. Adriana Predica, dr. ing. C. I. Staicu *

Introducere

Într-o lucrare anterioară [1], s-au prezentat cîteva dintre numeroasele avantaje oferite sistemelor centralizate de încălzire de către instalațiile de acumulare, corespunzător amplasate și dimensionate. În această lucrare se vor explicita două dintre efectele importante ale stocării asupra sistemelor de termoficare, și anume : posibilitatea majorării distanțelor economice de transport al căldurii și acoperirea unei părți din necesarul de putere termică la vîrful de sarcină.

Fiecare dintre aceste două efecte vor interesa, sau interesează deja, alimentarea centralizată cu căldură a marilor consumatori. Astfel termoficarea din centralele nucleare — și chiar din cele pe combustibili solizi inferiori amplasate la distanțe mari față de consumatori (din motive cunoscute, care nu vor fi expuse aici) — pune problema soluționării transportului economic al căldurii la distanțe mai mari decît cele practicate în prezent.

Pe de altă parte, necesitatea de a economisi hidrocarburile la asigurarea puterii de vîrf cu ajutorul cazanelor de apă fierbinte (CAF), ridică în mod hotărîtor problema înlocuirii parțiale sau totale a acestora cu alte tipuri de surse de căldură. Nu vom enumera aici toate posibilitățile de soluționare a acestei probleme, dar vom afirma că pentru înlocuirea unei părți din puterea termică de vîrf pot fi utilizate și instalațiile de acumulare a căldurii.

Efecte ale acumulării

Efectele înlocuirii unei părți din puterea de vîrf sînt numeroase și adesea contrare, depinzînd și de locul de amplasare a acumulatoarelor. Aceste efecte se pot cuantifica în cazul unui proiect de termoficare.

Fie A mulțimea $\{A_1, A_2, \ldots, A_n\}$ sistemelor de termoficare cu care se poate alimenta un număr n dat de consumatori. Cel mai eficient sistem de termoficare S_T din această mulțime se poate determina astfel ca :

$$I_P(S_T)+I_T(S_T)=\min[I_P(A)+I_T(A)] \quad (1)$$

$$C_P(S_T)+C_T(S_T)=\min[C_P(A)+C_T(A)] \quad (2)$$

În ecuația (1), I_P reprezintă investițiile necesare realizării tuturor surselor de căldură, inclusiv instalațiile de acumulare, iar I_T investițiile corespunzătoare rețelei de transport și distribuție ; în ecuația (2), cu C_P sînt notate cheltuielile necesare pentru producerea căldurii, iar cu C_T cheltuielile de transport al căldurii.

Soluționarea sistemului de ecuații (1) și (2) permite să se determine, între altele, ponderea optimă a instalațiilor de acumulare în asigurarea puterii de vîrf din sistemul de termoficare, care realizează alimentarea celor n consumatori. Această pondere o vom denumi, în cele ce urmează *coeficient de acumulare* (prin analogie cu *coeficientul de termoficare*).

Principala piedică practică în determinarea coeficientului optim de acumulare se datorește dificultății de evaluare a investițiilor necesare realizării unui sistem de termoficare cu instalații de acumulare. În lipsa unor soluții tehnice standard pentru rezervoarele de stocare, nu se dispune de elemente de cost certe pentru cele mai importante componente ale instalației de acumulare.

La evaluarea coeficientului optim de acumulare trebuie să se țină seama și de capacitatea de stocare intrinsecă a rețelei ; se poate face uz de această capacitate dacă se va practica o majorare a temperaturii de transport a agentului termic în avans față de vîrful de sarcină, la o avertizare meteo asupra iminenței scăderii temperaturii exterioare. Capacitatea intrinsecă de stocare a rețelei la majorarea temperaturii de transport poate fi evaluată cu relația :

$$Q_r^{AC}=\frac{\pi\delta^2}{4}L_{TR}c_p\rho(t_T^{max}-t_T^{nom}), \quad [\mathrm{kJ}] \quad (3)$$

în care :

δ și L_{TR} reprezintă diametrul și respectiv lungimea magistralei de transport [m] ;

c_p — căldura specifică [kJ/kgK] ;

ρ — densitatea agentului termic [kg/m^2].

În paranteze este diferența între temperatura de transport majorată și respectiv nominală a agentului termic (K). Stocarea în rețea prin majorarea temperaturii de transport are ca efect o oarecare reducere a cantității de energie electrică produsă în termoficare. Înlocuirea însă pe această cale și prin instalații de acumulare (IA) a unei părți din puterea de vîrf, conduce la reducerea investițiilor pentru realizarea puterii de vîrf și deci a cheltuielilor de producere a energiei termice. Cele două efecte — reducerea energiei electrice produse și reducerea cheltuielilor de producere a energiei termice — acționează în sensuri contrarii și trebuie examinate împreună cînd se calculează coeficientul optim de acumulare.

* Autorii lucrează la ICEMENERG.

În cele ce urmează se va examina efectul stocării în rețele și în IA, asupra reducerii necesarului de putere de vîrf, precum și asupra majorării distanței economice de transport al agentului termic. Sistemul considerat ca model livrează, în condiții normale, căldură la consumator după un grafic de temperatură 100—70°C, iar efectul transportului căldurii cu temperatură majorată pe tur se studiază pentru o variație a temperaturii de transport în intervalul 100—150°C. Celelalte caracteristici ale sistemului, sînt următoarele : curba clasată a sarcinii termice, pentru un sistem de termoficare cu sarcină termică maximă de 800 Gcal/h, prezentată în figura 1 împreună cu schema CET, care este echipată cu trei grupuri turbogeneratoare, asigurînd fiecare 0,1 din puterea termică de vîrf (coeficient total de termoficare 0,3) la temperatura de livrare a căldurii de 100°C; restul puterii se asigură în proporții diferite din CAF și cu IA.

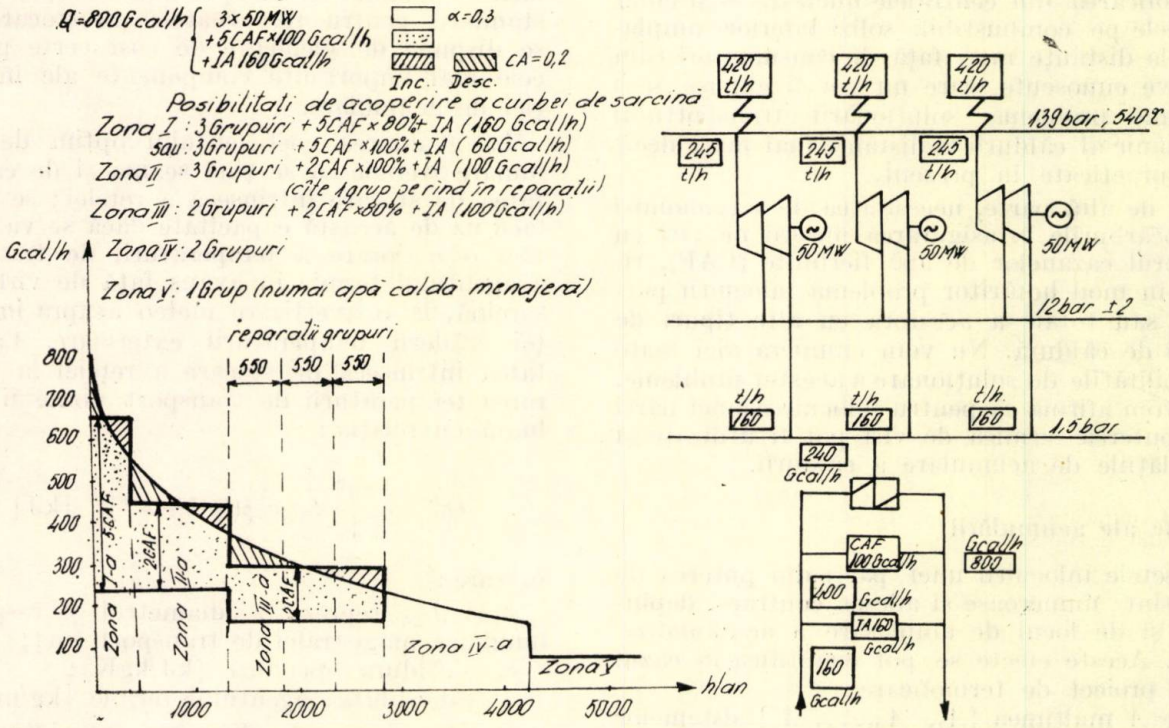


Fig. 1. Curba clasată și schema termică de calcul a CET pentru un sistem de termoficare cu puterea termică maximă de 800 Gcal/h.

Modelul sistemului de termoficare alimentînd cei n consumatori este prezentat în figura 2.

Punctul termic central (PTC) se află, față de CET, la distanța L_{TR} și are rolul de a asigura la consumatori nivelul de temperatură necesar, indiferent de valoarea temperaturii de transport.

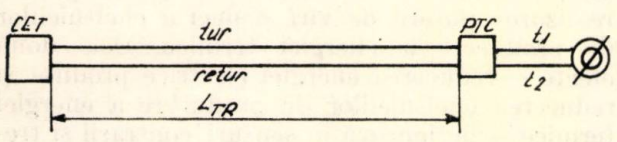


Fig. 2. Modelul sistemului de termoficare analizat.

Explicitarea efectului IA și a stocării în rețele — aceasta din urmă depinzînd de distanța de transport L_{TR} în conformitate cu relația (3) — se face rezolvînd sistemul de ecuații (1) și (2). Soluțiile includ atît ponderea IA în totalul puterii de vîrf (coeficientul de acumulare), cît și distanța maximă de transport al căldurii L_{TR} la care costul acesteia rămîne sub un anumit nivel considerat economic. Pentru a evidenția cele două efecte, trebuie să se determine mai întîi costul de investiții al instalațiilor de acumulare, sau diferența dintre acestea și puterea de vîrf pe care o înlocuiește; trebuie deci, pentru ca modelul să fie complet, să se emită o ipoteză asupra acestor investiții. În cazul instalației de acumulare realizată cu rezervoare de acumulare sub presiune pentru stocarea apei cu temperatură de peste 100°C se admite că investițiile variază exponențial cu capacitatea rețelei, după o lege ca cea reprezentată în figura 3; în această ipoteză se consideră avantajoasă, în privința costurilor investițiilor, înlocuirea pînă la 60% din puterea de vîrf cu IA.

Pentru ipoteza emisă s-a calculat coeficientul de acumulare și lungimea economică de transport al căldurii, în funcție de temperatura la care se transportă energia termică. Acest lucru s-a făcut rezolvînd, în modelul prezentat mai înainte, sistemul de ecuații (1) și (2), ținînd

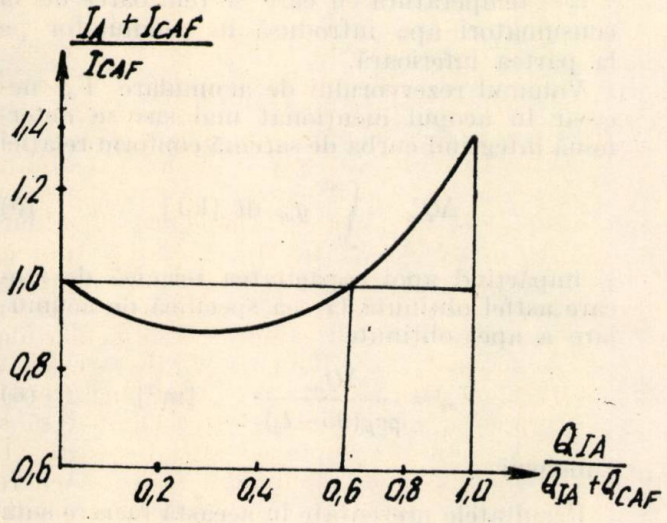


Fig. 3. Ipoteza de variaţie a costului înlocuirii CAF cu IA,

cont de stocarea intrinsecă în reţea exprimată de relaţia (3). Rezultatele obţinute sînt reprezentate în graficul din figura 4.

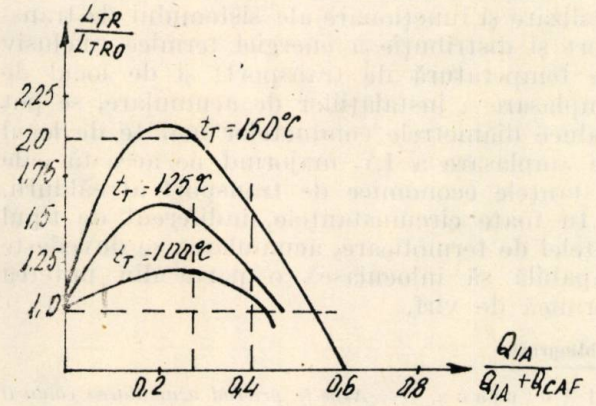


Fig. 4. Influenţa coeficientului de acumulare şi a temperaturii agentului termic asupra distanţei economice de transport.

În acest grafic sistemul de coordonate este constituit din lungimea redusă de transport L_{TR}/L_{TRO} — în ordonată şi coeficientul de acumulare — $Q_{IA}/Q_{IA}+Q_{CAF}$ — în abscisă. L_{TRO} este lungimea economică de transport al căldurii în sistemul standard fără acumulare în IA şi în reţeaua însăşi, iar $Q_{IA}/Q_{IA}+Q_{CAF}$ este raportul dintre puterea termică a instalaţiilor de acumulare şi puterea totală a surselor de vîrf.

Din examinarea rezultatelor obţinute se pot face următoarele constatări mai importante. În primul rînd, stocarea în instalaţii de acumulare amplasate în zonele de consum prezintă un interval de eficienţă maximă situat în jurul valorii de 0,25 a coeficientului de acumulare. În al doilea rînd, efectul stocării în instalaţii de acumulare şi în reţeaua de termoficare însăşi, asupra creşterii distanţelor economice de transport se amplifică odată cu majorarea temperaturii de transport. În cadrul exemplului dat, această distanţă creşte de peste două ori pentru coeficientul optim de acumulare şi o temperatură a agentului termic egală cu 150°C. Subliniem acest rezultat ca fiind foarte important pentru modalitatea de soluţionare şi în ţara noastră a problemei transportului căldurii la distanţe mult mai mari decît cele folosite în prezent. Acest lucru va deveni necesar în special în cazul integrării centralelor nucleare în sistemele de termoficare urbană.

Transportul căldurii la distanţe mari folosind temperaturi majorate ale agentului termic se practică deja cu succes în U.R.S.S. şi Suedia [2], unde au fost realizate sisteme monotubulare de transport cu temperatură de 180°C şi acumulare în zonele de consum situate la peste 100 km de sursa de căldură. Cele mai bune efecte ale stocării cu instalaţii de acumulare amplasate la locul de consum se obţin în sistemele de alimentare cu racordare directă a consumatorilor, aşa-numitele sisteme deschise. Pentru sisteme închise, cum sînt cele care se practică deocamdată la noi în ţară, deşi efectul stocării în instalaţii de acumulare amplasate în zonele de consum nu este aşa de spectaculos în privinţa dimensionării magistralelor de transport, acumularea rămîne interesantă din alte puncte de vedere şi în principal pentru înlocuirea unei părţi din puterea de vîrf.

Modul în care se racordează rezervorul de acumulare atmosferic la o reţea de acumulare bitubulară este ilustrat în figura 5.

Funcţionarea instalaţiei de acumulare cu sistemul de termoficare se realizează astfel : pentru o temperatură pe tur mai mică de 95°C, încărcarea rezervorului de acumulare se face din conducta de tur pe la partea superioară a rezervorului, prin deschiderea ventilelor V_2 şi V_4, iar cu pompa se injectează o cantitate

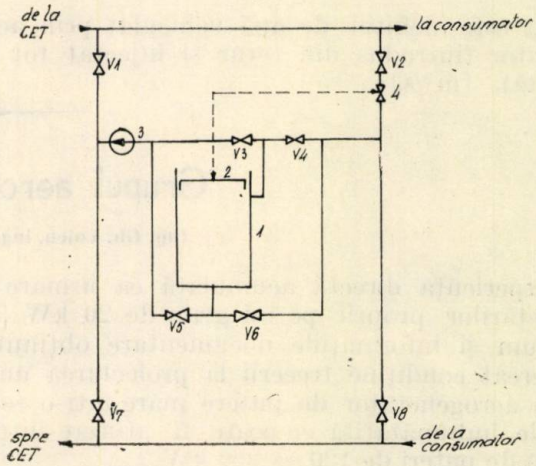


Fig. 5. Racordarea instalaţiilor de acumulare la sisteme de termoficare închise : 1 — rezervorul de acumulare ; 2 — capac plutitor mobil pentru reducerea oxigenării ; 3 — pompa de încărcare-descărcare ; 4 — regulator de nivel constant.

echivalentă de apă mai rece de la partea de jos a acumulatorului în returul instalației prin deschiderea ventilelor V_5, V_7. Descărcarea se face de la partea superioară a rezervorului, deschizînd ventilele V_1, V_3, cu pompa care refulează apă caldă în conducta de tur, iar o cantitate echivalentă de apă intră în acumulator din retur pe la partea inferioară, deschizînd ventilele V_6 și V_8. La temperaturi pe tur mai mari de 95°C încărcarea acumulatorului se face, de asemenea, pe la partea superioară, cu apă de 95°C obținută prin amestec între apa din tur și cea din retur în proporții corespunzătoare, deschizînd, conform necesităților, ventilele V_2 și V_8, iar de la partea inferioară a acumulatorului, cu pompa se injectează în returul sistemului, deschizînd ventilele V_5 și V_7, debitul echivalent de apă, astfel ca nivelul în acumulator să rămînă constant; descărcarea acumulatorului se face cu ajutorul pompei care injectează în retur pe partea dinspre CET apa de 95°C extrasă de la partea superioară a acumulatorului deschizînd ventilele V_3 și V_7, în timp ce tot din conducta de tur de pe partea venind de la consumator, prin deschiderea ventilelor V_6 și V_8, se introduce în acumulator pe la partea de jos un debit de apă mai rece egal cu cel cald descărcat; în acest fel, debitul în conducta de retur rămîne neschimbat, crescînd numai temperatura cu care agentul termic se întoarce la sursă. Pe această cale, cu aceeași putere termică, se poate majora temperatura la care se furnizează apa fierbinte. Puterea injectată astfel de acumulatorul atmosferic în sistem la temperatura exterioară minimă de calcul și respectiv cota cu care se poate reduce puterea termică la vîrf este:

$$q_{ac}=G_{ac}\ \rho c_p(95-t_2),\ [\mathrm{kJ/s}] \qquad (4)$$

unde:

G_{ac} este debitul de apă vehiculat prin acumulator (introdus din retur și injectat tot în acesta), [m^3/s];

t_2 — temperatura cu care se reîntoarce de la consumatori apa introdusă în acumulator pe la partea inferioară.

Volumul rezervorului de acumulare V_{ac} necesar în acopul menționat mai sus se determină integrînd curba de sarcină conform relației

$$\Delta Q_{ac}=\int_0^{24h} q_{ac}\ dt\ [\mathrm{kJ}] \qquad (5)$$

și împărțind apoi capacitatea termică de stocare astfel obținută la cea specifică de acumulare a apei obținute:

$$V_{ac}=\frac{\Delta Q_{ac}}{\rho c_p(95-t_2)}\cdot \quad [\mathrm{m^3}] \qquad (6)$$

Concluzii

Rezultatele prezentate în această lucrare s-au obținut în cadrul unui obiectiv de cercetare la ICEMENERG [3]. Pe baza lor s-a putut conchide că, în afară de aplatisarea curbei de sarcină, acumularea în sistemele de termoficare produce și alte efecte pozitive.

Astfel, în funcție de condițiile concrete de realizare și funcționare ale sistemului de transport și distribuție a energiei termice (inclusiv de temperatură de transport) și de locul de amplasare a instalațiilor de acumulare, se pot reduce diametrele conductelor înainte de locul de amplasare a IA, majorînd pe această cale distanțele economice de transport al căldurii.

În toate circumstanțele, indiferent de tipul rețelei de termoficare, acumularea se dovedește capabilă să înlocuiască o parte din puterea termică de vîrf.

Bibliografie

[1] Țuțuianu, Ov. *Aspecte privind acumularea căldurii sub formă de apă fierbinte în instalațiile de producere a energiei electrice și termice.* În: Energetica, 31, nr. 7—8, 1983, p. 305—310.

[2] Jekins, N. *Fuel crisis enhance feasibility of long distance heat transport.* În: Energy International nr. 5, 1974.

[3] * * * *Sisteme mari de acumulare a căldurii.* Studiu ICEMENERG, noiembrie 1983.

Grupul aerogenerator tip SAG

Ing. Gh. Voicu, ing. Cr. Țânțăreanu, ing. M. Tudor *

Experiența directă acumulată ca urmare a cercetărilor proprii pe un grup de 20 kW [1] precum și informațiile documentare obținute, au creat condițiile trecerii la proiectarea unui grup aerogenerator de putere mare într-o concepție îmbunătățită ce poate fi utilizat într-o gamă de puteri de 120 — 200 kW.

La realizarea acestui proiect a fost mobilizat un larg colectiv de specialiști pe domenii, avînd la bază temele întocmite de ICEMENERG. Astfel în 1982 s-au realizat la IPROMET (colectiv ing. C. Caloinescu) și I.P. București — Fac. Aeronave (colectiv conf. dr. ing. Stelian Găletușe) proiectele tehnice pentru ansamblul grupului aerogenerator și respectiv pentru aerodinamica rotorului (palele). În 1983 s-au întocmit detaliile de execuție pentru ansamblu [2], pale [3] și pentru schema electrică ce asigură funcționarea rotorului cu turație variabilă (TVFC) [4].

* Autorii sînt cercetători științifici la ICEMENERG.

În același timp, pentru soluțiile noi, care nu sînt validate de aplicații în alte domenii, se pregătește testarea pe standuri de laborator a unor componente (de exemplu componentele lanțului cinematic, ale sistemului TVFC ș.a.).

În cele ce urmează se face o prezentare generală a grupului aerogenerator SAG—01, a cărui concepție și echipare ține seama că este un pilot de cercetare, dar în același timp trebuie să permită o dezvoltare corespunzătoare pentru o familie de grupuri cu caracter industrial.

1. Descriere generală

Grupul aerogenerator este de tipul cu ax orizontal, cu elice amonte rotind în cîmp liber, cu următoarea structură :

— rotorul eolian de tip rigid este alcătuit din trei pale, butucul de prindere a palelor, arborele rotorului, sistem de frînare și sistem de reglare a unghiului palelor ;

— lanțul cinematic cuprinde lagărul arborelui rotorului, multiplicatorul de turație, generatorul electric, cuplele ș.a. ;

— nacela pentru echipamente ;

— suportul nacelei, tronsonul final al pilonului ;

— pilonul — construcție metalică tubulară.

Grupul include și fundațiile, clădirea camerei de comandă, dispozitivele de montaj, echipamentul electric și de automatizare corespunzător, racordul la sistem etc.

Dacă în ceea ce privește conceperea părții mecanice sau a celei electrice există experiență, rotorul eolian de mare putere reprezintă o noutate în tehnica românească. Geometria rotorului este dictată de parametrii vîntului din amplasamentul unde va fi montată instalația. La calculul solicitărilor s-a avut în vedere amplasarea instalației pe creasta montană înaltă, cu următorii parametri caracteristici ai vîntului :

— viteza vîntului nominală : 14,3 m/s ;

— viteza vîntului pentru protecție : 25 m/s ;

— viteza vîntului maxim-maximorum de verificare (de supraviețuire) : 80 m/s.

Condițiile de mediu : temperatură între —25°C și +40°C.

De asemenea, s-au avut în vedere și solicitările excepționale produse de deteriorarea unor componente, ca accelerarea rotorului datorită ruperii legăturii în lanțul cinematic, sau solicitările produse de dezechilibrarea rotorului în urma ruperii unei pale.

Pilonul a fost proiectat în varianta „construcție rigidă", adică frecvența proprie de vibrație este superioară armonicei a 3-a a turației rotorului, pentru evitarea apariției rezonanței în domeniile uzuale de funcționare a aerogeneratorului.

Avînd în vedere primul obiectiv al realizării acestui echipament — de a-i cerceta funcționarea în condiții reale, puțin cunoscute în momentul de față — s-a prevăzut o supraechipare, dîndu-se o mare dezvoltare automatizărilor și posibilităților de măsură a unor parametri în timpul funcționării instalației.

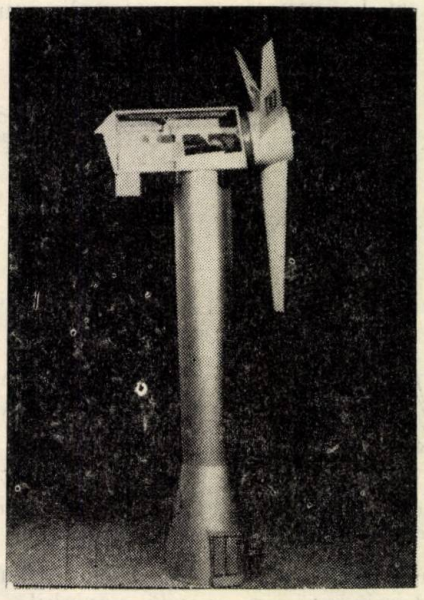


Fig. 1. Macheta grup aerogenerator SAG-01, scara 1 :15.

Catargul anemometric

Una din problemele esențiale ale exploatării unui aerogenerator de mare putere este cea a asigurării măsurării, în regim neperturbat, a parametrilor vîntului în întreg cîmpul de baleiaj al rotorului.

Se știe că viteza vîntului variază cu înălțimea de la sol, după o lege exponențială dependentă de condițiile orografice locale. În consecință se impune măsurarea vitezei vîntului pe verticală în amplasamentul aerogeneratorului, pînă la înălțimi care să depășească poziția extremă superioară a palelor.

Ținînd cont de programul de dezvoltare a grupurilor aerogeneratoare de mare putere, IPROTIM Timișoara a proiectat un catarg tip de 60 m înălțime, ca o grindă cu zăbrele cu secțiune transversală triunghiulară cu latura de 3 m, ancorat. El poate fi utilizat și pentru înălțimi mai mici prin reducerea corespunzătoare a unor tronsoane modulate. Sub înălțimea de 31 m construcția nu mai trebuie ancorată.

2. Componente principale

Aerodinamica palei a fost studiată prin metode teoretice, folosind un program de calcul adecvat. Metoda are la bază determinarea distribuției optime a corzii și a pasului geo-

metric, astfel încît randamentul și momentul să fie maxime. Tot prin calcul au fost determinate forțele și momentele care solicită pala în condițiile normale de funcționare, precum și la situații excepționale (ambalare, ruperea unei pale ș.a.).

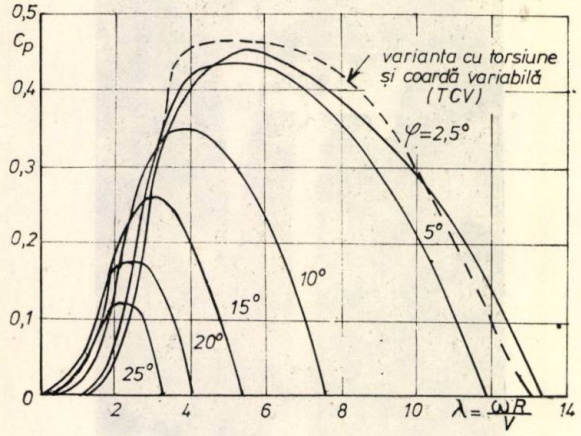


Fig. 2. Coeficientul de putere $C_p = f(\lambda)$ al rotorului tip SAG echipat cu pale fără torsiune cu coardă variabilă.

Din cele trei variante posibile de realizare a palei : torsionată cu coardă variabilă — TCV, fără torsiune cu coardă variabilă — FTCV, fără torsiune cu coardă constantă — FTCC, a fost preferată varianta FTCV, care prezintă o importantă simplificare tehnologică, deși are, practic, aceeași valoare maximă a coeficientului de putere ca și TCV, varianta de referință. Coeficientul maxim de putere calculat este de 0,45 (fig. 2.)

Ansamblul rotor — lanț cinematic este prezentat în figura 3.

Partea electrică cuprinde în principal generatorul electric de tip asincron MIP—2—315 S—80—4, preluat din construcția de serie de mașini asincrone și panourile aferente necesare echipamentului de conectare la sistem, măsură, comandă și automatizare. Aceste panouri se află montate într-o cameră de comandă situată la sol în apropierea grupului. Continuitatea circuitelor electrice între părțile aflate în mișcare de rotație una față de alta (rotor — nacelă, nacelă-pilon) se asigură prin blocuri de contacte alunecătoare [5].

Acționarea sistemelor de reglaj unghi pală, frînare rotor, orientare nacelă, rotire avarie rotor se face electric, în primul caz printr-un motor de curent continuu și în celelalte prin motoare asincrone. O stație de acumulatoare furnizează

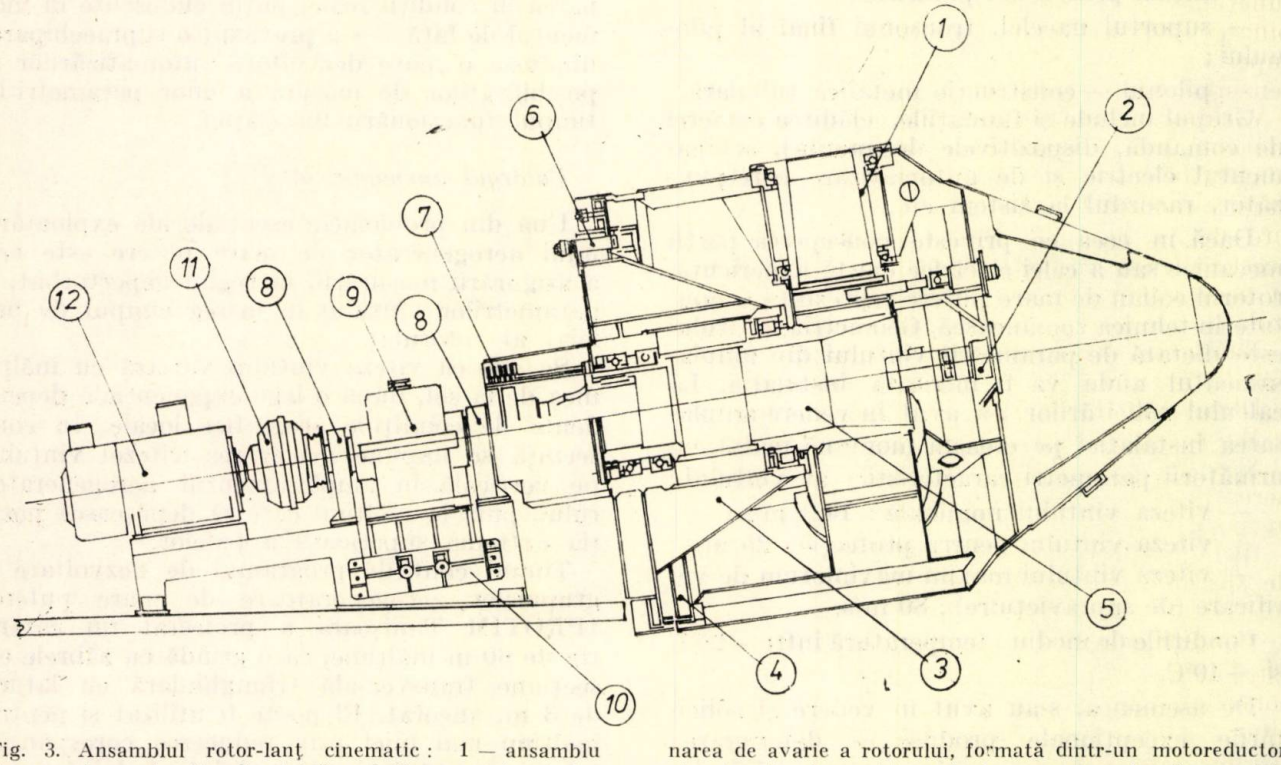


Fig. 3. Ansamblul rotor-lanț cinematic : 1 — ansamblu fixare pale-construcție din tablă sudată pe axul rotoric ; 2 — mecanism reglare pale, format dintr-un motoreductor acționat de un motor de c.c. ; 3 — placă cu suport lagăre construcție sudată formată dintr-o carcasă în interiorul căreia sînt fixați rulmenții ce susțin axul rotoric. O placă frontală servește la fixarea ansamblului la nacelă ; 4 — frîna rotorului formată din trei saboți cu acționare independentă lucrînd pe un tambur (Ø 3 m) fixat pe guseele ce susțin lagărele palelor ; 5 — axul rotoric, piesă formată din două inele turnate, sudate la capetele unei piese tubulare din tablă cu diametrul mediu de 1000 mm și lungimea totală 2040 mm ; 6 — acționarea de avarie a rotorului, formată dintr-un motoreductor planetar și o transmisie cu lanț, care se montează numai la intervenție de avarie, cînd cu ajutorul grupului de acționare se rotește elicea în poziția necesară ; 7 — bloc de contacte alunecătoare — asigură continuitatea circuitelor electrice între rotor și nacelă ; 8 — cuplaje elastice cu bolțuri și bucșe din cauciuc ; 9 — multiplicator de turație, raport de multiplicare 1 :22,4 ; 10 — balanța tensiometrică, pe care este montat multiplicatorul, este un dispozitiv prin care se poate măsura cuplul dezvoltat de rotor ; 11 — cuplaj hidraulic, putere 234 kW la turația de 1500 rot/min ; 12 — generator electric asincron, putere 120 kW, turație 1500 rot/min.

tensiunea continuă 110 V necesară unor acționări, iluminatului de siguranță și alimentării părții AMC. O particularitate importantă a părții electrice este posibilitatea funcționării cu turație continuu variabilă a generatorului pînă la 30% peste turația de sincronism, prin aplicarea schemei de cascadă suprasincronă. Astfel randamentul aerodinamic al turbinei rămîne optim în diverse regimuri și se obține un efect energetic pozitiv prin creșterea cantității de energie livrată la aceeași energie captată [6].

Automatizarea completă a funcționării grupului comportă patru bucle de reglaj specifice (orientarea rotorului, poziționarea unghiului palei, frînarea rotorului și impunerea turației rotorului), precum și mai multe secvențe funcționale (demaraj, conectare la sistem, deconectare ș.a.). O gamă largă de traductoare furnizează informații sistemului AMC despre viteza și direcția vîntului, unghiul de poziționare a palei, turația subansamblurilor, cuplul mecanic transmis, temperaturi, integritatea palei, amplitudinea și frecvența vibrațiilor în subansambluri.

De menționat că aerogeneratoarele SAG, după adaptarea corespunzătoare a automaticii, pot funcționa și în rețele izolate, în scheme combinate cu grupuri disel sau hidro de puteri superioare care preiau reglajul fin și rapid al tensiunii și frecvenței.

Nacela adăpostește ansamblul rotor—lanț cinematic și este formată dintr-un cadru de rezistență care face legătura între flanșa de prindere a rotorului și rulmentul de sprijin și rotire de pe capul pilonului de susținere. De acest cadru sînt fixați pereții laterali, podeaua și acoperișul, constituiți din panouri termoizolante.

Nacela este echipată cu un palan manual de 3,2 tone.

Dimensiuni : $6{,}4 \times 3{,}2 \times 3{,}0$ m.

Masa : 5,2 tone.

Suportul nacelei are rolul de a realiza susținerea nacelei, rotirea nacelei și frînarea ei în poziția dorită.

Include virola suport (3,1 tone), rulmentul de sprijin și rotire (Ø 3000 mm), sistemul de rotire și dispozitivele de frînare a nacelei.

Pilonul de susținere a nacelei și a rotorului este o construcție metalică din tolă de 22 mm, consolidată și dimensionată să reziste la solicitări statice excepționale ($V_{max} = 80$ m/s), avarii de rotor, oboseală și rezonanță. Are un diametru de 3 m și o înălțime efectivă de 14 m.

În interiorul pilonului se află scara de acces la nacela cu echipamente, blocul cu contacte alunecătoare ș.a. Masa totală 51 tone.

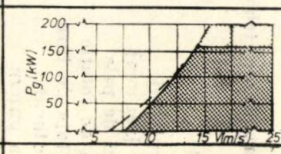
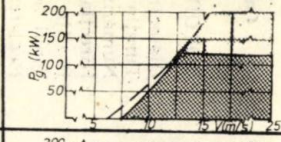
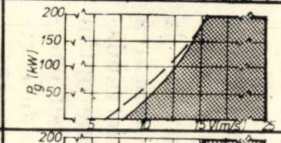
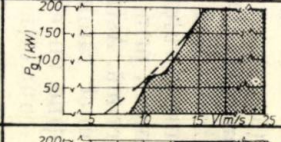
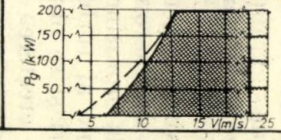
O prezentare sintetică a caracteristicilor tehnice ale diferitelor componente ale grupului se dă în tabelul 1.

Tabelul 1

Caracteristici tehnice ale aerogeneratorului SAG-01 — pilot experimental

ROTOR	
Diametrul [m]	18,7
Turația [rot/min]	67...83
Numărul de pale	3
Direcția de rotație	sens orar
Poziția față de turn	amonte
Tipul butucului	rigid
Reglarea puterii	modificarea unghiului palelor
PALA	
Lungimea efectivă a suprafeței palei [m]	7,48
Material	aluminiu
Profilul	NACA 4415
Torsiune	0°
Coarda la butuc [m]	$C_0 = 2{,}25$
Coarda la vîrf [m]	$C_e = 0{,}73$
PILON SUSȚINERE	
Turnul propriu-zis	tolă metalică $\neq$ 22 mm
Diametrul [m]	3
Înălțimea totală de la sol la nacelă [m]	18,5
Frecvența proprie [Hz]	5,39 (comportare rigidă)
Acces la nacelă	scară interioară și platformă ridicătoare exterioară
MULTIPLICARE	
Tip	3 trepte cu roți cilindrice
Raport	1 : 22,4
Putere nominală [kW]	234
GENERATOR	
Tip	asincron
Putere nominală [kW]	120
Factor de putere	0,87
Tensiune [kV]	0,4
Turație [rot/min]	1522...1900
Frecvență [Hz]	50
SISTEMUL DE ORIENTARE	
Tip	activ
Viteza [°/s]	0,28
Mecanism de acționare	motoreductor
AUTOMATICA	
Comenzi și reglaje	sisteme cu bucle independente
Acționări	electromecanice
PERFORMANȚE	
Putere nominală [kW]	120...155
Viteza vîntului de demaraj [m/s]	5
Viteza vîntului nominală [m/s]	14,3
Viteza vîntului de protecție [m/s]	25
Viteza maximă de dimensionare [m/s]	80
Durata de funcționare [h/an]	2000
Energia produsă [kWh/an]	circa 300000
GREUTĂȚI [kg]	
Greutatea totală	95200
Greutatea/pală	250
Rotor	6100
Nacelă + echipamente	19300
Platformă ridicătoare	16500
Turnul propriu-zis + conexe	52500

FAMILIA DE AEROGENERATOARE TIP SAG CE DERIVĂ DIN PILOTUL DE CERCETARE SAG 01

TIPUL DESTINAȚIA	PUTEREA NOMINALĂ / VITEZA VÎNT NOMINALĂ	PRINCIPALELE CARACTERISTICI DE ECHIPARE: ROTOR CU 3 PALE — diametru (m)	ROTOR CU 3 PALE — turație (rot/min)	MULTIPLICATOR CU ROȚI CILIND. — tipul	MULTIPLICATOR CU ROȚI CILIND. — raport multipl.	GENERATOR ASINCRON — tipul	GENERATOR ASINCRON — puterea (kW)	GENERATOR ASINCRON — turația (rot/min)	înălțime pilon e 3 (m)	ECHIPARE: fundații	pilon	nacela: cabina	nacela: echip. conexe	butuc	pale	lanț cinematic: generator	lanț cinematic: multiplicator	lanț cinematic: cuplă	lanț cinematic: frînă	echipare pilon: suport nacelă	echipare pilon: sistem contacte el.	echipare pilon: disp. montaj	echipare pilon: troliu el.	construcții auxiliare	instalații electrice: forță	instalații electrice: AMC	instalații electrice: TV în circuit închis	instalații electrice: TVFC	catarg anemometric	CARACTERISTICA DE FUNCȚIONARE $P = f(V)$
SAG 01 montan ($\bar{V}$= 6,5 ÷ 7,5 m/s)	155 / 14,3	18,7	67...83	10 BH	1:22,4	MIP2-315S-80	120	1500-1900	13,6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	○	○	●	●	●	
SAG 02 litoral ($\bar{V}$= 5,5 ÷ 6,5 m/s)	120 / 13,0	18,7	67	10 BH	1:22,4	MIP2-315S-80	120	1500	13,6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	●	●	—	—	◑	
SAG 03 montan ($\bar{V} \geqslant$ 7,5 m/s)	200 / 15,6	18,7	83	10 BH	1:12,5	MAB2-315L-100	220	1000	13,6	●	●	●	●	●	●	◑	◑	●	●	●	●	◑	◑	◑	●	●	—	—	◑	
SAG 04 montan ($\bar{V} \geqslant$ 7,5 m/s)	200 / 15,6	18,7	83	10 BH	1:12,5	MAB2-315S-80 / MAB2-315L-100	80 / 220	600 / 1000	13,6	●	●	●	●	●	●	◑	◑	●	●	●	●	◑	◑	◑	●	●	—	—	◑	
SAG 05 litoral ($\bar{V}$=5,5–6,5 m/s)	200 / 13,0	24,5	70	10 BH	1:14	MAB2-315L-100	220	1000	18,0	◑	◑	●	●	●	○	◑	◑	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	◑	●	—	—	◑	

● de bază ◑ adaptat ○ modificat

3. Familia de aerogeneratoare tip SAG ce derivă din pilotul de cercetare SAG—01

Ţinînd cont de conceptul ce a stat la baza dimensionării şi proiectării aerogeneratorului pilot de cercetare SAG—01, rezultă că pornind de la această echipare de bază, se poate dezvolta — cu adaptări sau modificări minimale — o întreagă familie de aerogeneratoare.

Astfel, renunţînd la sistemul TVFC, apare aerogeneratorul SAG—02, care atinge puterea nominală de 120 kW la numai 13,0 m/s, putînd fi amplasat şi în zona litoralului, unde valorile medii ale vitezei vîntului sînt mai scăzute.

Valorificînd puterea disponibilă pe rotor se poate echipa corespunzător pe partea electrică acelaşi aerogenerator, puterea debitată de SAG—03 fiind de 200 kW la 15,6 m/s.

Aceeaşi instalaţie echipată cu două generatoare de putere şi turaţie diferită (220/1000 şi 80/600), ce vor funcţiona alternativ, funcţie de regimul vitezei vîntului, asigură tot 200 kW la 15,6 m/s, dar se îmbunătăţeşte randamentul de conversie, energia produsă de SAG—04 fiind cu circa 10% mai mare decît la SAG—03.

În sfîrşit, SAG—05 poate debita o putere de 200 kW (utilizînd echiparea electrică de la SAG—03), la un vînt nominal de 13 m/s, prin mărirea diametrului rotoric de la 18,7 m la 24,5 m, cu adaptarea corespunzătoare a înălţimii pilonului.

4. Concluzii

Familia de aerogeneratoare tip SAG derivată din pilotul de cercetare SAG—01, acoperă un domeniu specific de puteri (100—200 kW), echipamentele energetice putînd funcţiona în toate amplasamentele din R.S.R. favorabile din punctul de vedere al valorilor vitezei vîntului, indiferent dacă este vorba de zona înaltă montană, litoralul marin sau platforma continentală a Mării Negre.

Prin indicatorii tehnico-economici preliminaţi pentru o fabricaţie de mică serie, care sînt încurajatori, se poate spera — chiar şi în acest domeniu de puteri, socotit în general necompetitiv — că vor fi promovate numeroase aplicaţii. Astfel, costurile specifice ale echipamentelor montate în amplasament variază de la 30500 lei/kWi (SAG—03 şi 04) pînă la 50000 lei/kWi (SAG—02), preţul ce revine energiei produse este de 0,85—1,50 lei/kWh, iar preţul unei tone de combustibil convenţional economisit prin substituire este de 2130 lei/t c.c. pînă la 3750 lei/t c.c. La aceste valori trebuie adăugată şi valoarea lucrărilor conexe aferente (racord electric, accese, amenajări etc.), care variază de la un amplasament la altul.

Experimentările ce se vor efectua pe pilotul de cercetare SAG—01 vor permite nu numai validarea soluţiilor pentru echipamentele din familia SAG, ci şi acumularea unei experienţe specifice utilă trecerii la proiectarea aerogeneratorului cu putere unitară de ordinul megawatului, care constituie obiectivul final al actualului program de cercetare ce vizează implementarea industrială a forţei vîntului în sistemul energetic.

Bibliografie

[1] Voicu, Gh. ş.a. *Opţiuni şi perspective ale utilizării forţei vîntului în scopul producerii energiei electrice.* În: Energetica, nr. 7—8/1983, p. 345—356.

[2] * * * *„Aerogeneratorul SAG-01"* — DE, oct. 1983, IPROMET

[3] * * * *Dimensionarea aerodinamică şi de rezistenţă a palei aerogeneratorului SAG-01,* august 1983, I. P. Bucureşti — Facultatea Aeronave.

[4] * * * *Sistemul automat de conversie cu cascadă suprasincronă la SAG-01 — 100 kW.* PE + DE, dec. 1983, IPROTIM + I. P. Timişoara — Facultatea Electrotehnică.

[5] * * * *Dispozitiv de contacte electrice pentru aerogeneratoare cu ax orizontal* — Brevet R.S.R. nr. 82125/1983 titular ICEMENERG.

[6] Ţânţăreanu, Cr. *Avantajele energetice ale funcţionării cu turaţie variabilă a grupurilor aerogeneratoare de mare putere* — Energetica 32, nr. 3/1984, p. 125—131.

[7] * * * *Centrală eoliano-electrică experimentală cu grupuri de 50—300 kW* — Cercetări ICEMENERG, 1983.

Generatorul asincron cu dublă alimentare — o soluţie pentru grupuri energetice neconvenţionale

Ing. Cr. Ţânţăreanu *

Introducere

Oportunitatea funcţionării cu turaţie variabilă a grupurilor energetice legate la sistem a apărut odată cu valorificarea unor agenţi energetici primari ai căror parametri (înălţimea căderii de apă, intensitatea vîntului, temperatura unor fluide încălzite prin radiaţie solară ş.a.) variază în plajă largă; în acest mod randamentul maşinii primare se poate păstra la valori optime.

Dezvoltarea echipamentelor electronice de forţă permite rezolvarea avantajoasă a problemei prin adoptarea unor soluţii pe partea electrică, deci prin funcţionarea la turaţie variabilă a generatorului conectat la sistem. Schemele de funcţionare cu turaţie variabilă a gene-

* Ing. Cristian Ţânţăreanu este cercetător ştiinţific pr. la ICEMENERG.

ratoarelor derivă în majoritate din scheme similare deja aplicate la acționările electrice.

Soluțiile reprezentative, preselectate dintr-o gamă mai largă de variante, sînt bine cunoscute teoretic, nedepășind însă faza de aplicație la instalații experimentale. Ele sînt: generator de curent alternativ cu mutator de frecvență la bornele statorice, generator asincron cu cascadă rotorică sub sau suprasincronă, generator cu dublă alimentare GDA [1].

Dintre acestea cea mai puțin cunoscută este ultima soluție. Mașina cu dublă alimentare este prin construcția sa o mașină asincronă normală, cu rotorul bobinat. În circuitul rotoric se introduce un mutator de frecvență, prin care se alimentează și rotorul cu o tensiune alternativă. Făcînd să varieze parametrii curentului trifazat — frecvență, amplitudine și fază — furnizat rotorului se poate obține reglarea turației și a factorului de putere. Datorită caracteristicilor sale, mașina cu dublă alimentare este mai mult o mașină sincronă, fapt pentru care se mai numește mașina sincronă asincronizată [2]. Frecvența corespunzătoare turației rotorice, f_n, rezultă ca o sumă sau o diferență (în funcție de succesiunea fazelor) între frecvența de alimentare a statorului — f_{STA} — și cea a rotorului — f_{ROT}. Tensiunea de alimentare a rotorului este apropiată de valoarea $U_{RO} \cdot f_{ROT}/f_{STA}$, unde U_{RO} este tensiunea rotorică indusă în repaus în circuit deschis.

Ca structură energetică, GDA debitează putere atît la bornele statorice, cît și la cele rotorice. Din acest punct de vedere o denumire proprie ar putea fi generator asincron cu dublă evacuare. Puterea debitată prin rotor și deci dimensionarea mutatorului de frecvență este proporțională cu abaterea turației față de cea „normală" de sincronism. Avantajele GDA constau în faptul că mutatorul de frecvență este dimensionat numai pentru o fracțiune din puterea totală debitată de grup (avantaj față de generatorul cu mutator la bornele statorice) și totodată i se poate regla factorul de putere (avantaj față de generatorul asincron cu cascadă). Aplicațiile sînt convenabile economic pentru o gamă relativ mică de variație a turației (de obicei pînă la $\pm 30\%$ din turația de sincronism), cînd se poate utiliza ca mutator un cicloconvertor.

1. Aplicații la grupuri energetice neconvenționale

Cea mai importantă aplicație experimentală a schemei se cunoaște la aerogeneratorul GROWIAN I de 3 MW, care funcționează într-un amplasament apropiat de litoralul R.F.G. Generatorul are puterea nominală 3 MW, tensiunea nominală 6,3 kV și beneficiază de un reglaj continuu de turație de $\pm 15\%$ în jurul turației de sincronism de 1500 rot/min. Cicloconvertorul cu 6 pulsuri din circuitul rotoric este dimensionat acoperitor, ca și transformatorul de adaptare a tensiunii rotorice la sistem, la aproape 1 MW.

De la acest experiment la scară industrială nu se cunosc încă date privind comportarea în exploatare, singurele informații fiind furnizate în prezent de montaje de mică putere de laborator.

Astfel, în cercetările experimentale desfășurate la Universitatea de tehnologie din Göteborg în vederea aplicării soluției la aerogeneratoare, se insistă asupra problemelor legate de nivelul armonicelor ce apar în curentul statoric și de compromisul între reducerea nivelului armonicelor prin mărirea numărului de pulsuri și creșterea pierderilor de comutație. Experimentările s-au făcut cu o mașină asincronă de 1,2 kW—380 V—1500 rot/min [3]. În [4] se semnalează apariția unor instabilități ale regimurilor cu dublă alimentare în gama de turații ce depășesc turația de sincronism cu 30...50%. Montajul s-a făcut pentru o mașină asincronă de 0,37 kW—1500 rot/min, cu înfășurarea rotorică bifazată.

În țara noastră GDA este vizat pentru aplicații industriale de către ICEMENERG, unde se află în curs cercetări legate de asigurarea turației variabile la aerogeneratoare de mare putere.

În mod special interesează o situație limită a schemei: alimentarea rotorului direct, fără intermediul unui mutator de frecvență, cu tensiune de aceeași frecvență cu a rețelei. Vom denumi această schemă generator cu dublă alimentare directă — GDAD. În acest fel, avînd grijă ca succesiunea fazelor să conducă la rotații în sensuri contrare ale cîmpurilor rotoric și statoric, generatorul funcționează la dublul turației normale de sincronism. GDAD devine o mașină sincronă specială cu turație constantă (120 f/p), de două ori turația normală de sincronism (p fiind numărul de perechi de poli și f, frecvența rețelei). Principial dispare diferența între indus și inductor, înfășurarea rotorică ca și cea statorică avînd roluri identice în procesele electromagnetice din mașină. Puterile debitate prin stator și prin rotor sînt sensibil egale, astfel că puterea nominală a GDAD se poate dubla teoretic față de cea a generatorului asincron normal.

Schema este menționată în literatura clasică de specialitate [5], dar ea nu s-a dezvoltat la acționări electrice, deoarece un motor astfel alimentat nu poate demara pînă la turația de regim; generatorul este antrenat, de obicei, de motorul primar, pînă la turația de sincronizare și de aceea nu se ridică impedimentul de mai sus.

ICEMENERG studiază posibilitatea aplicării*) regimului de generator cu dublă alimentare

* Aceste aplicații reprezintă soluții originale, nemenționate în literatura de specialitate cunoscută.

directă la grupuri aerogeneratoare cu două turații și la grupuri turbogeneratoare cu fluide organice cu turație optimă ridicată a turbinei — 6000 rot/min, în gama de puteri 0,1...1 MW.

Scenariul de funcționare preconizat pentru un aerogenerator astfel echipat este următorul (vezi figura 1): cînd există condiții de demaraj se conectează înfășurarea statorică la bare prin închiderea întrerupătorului K_1, în timp ce înfășurarea rotorică este deschisă. Rotorul eolian antrenează generatorul electric în gol. Amplitudinea și frecvența tensiunii rotorice induse variază proporțional cu turația; automatica schemei prelucrează aceste mărimi ca o măsură a turației generatorului, eliminîndu-se astfel necesitatea echipării cu un traductor specializat de măsură a turației. În funcție de încadrarea valorii măsurate a vîntului într-o plajă inferioară sau superioară de valori, se comandă — la turația de sincronism 60. f/p sau respectiv 120. f/p — închiderea întrerupătorului K_2 sau respectiv K_3. În primul caz generatorul intră în regim de generator asincron normal, iar în al doilea caz în regim de generator cu dublă alimentare directă. La acest procedeu de funcționare și conectare la două turații a grupului aerogenerator este evident avantajul utilizării unei aceleiași mașini asincrone de construcție relativ uzuală în două regimuri de puteri și turații diferite și anume putere mărită la turație mărită, așa cum cere condiția de optimizare a randamentului rotorului eolian.

Avînd în vedere lipsa de informații cu valoare practică, în prima etapă a cercetării s-a trecut la realizarea unui montaj de laborator de mică putere, utilizînd o mașină asincronă de serie, pe care să se verifice fezabilitatea soluției GDAD, și anume:

— posibilitatea autosincronizării;

— stabilitatea regimurilor la diferite încărcări;

— optimizarea regimurilor prin variația amplitudinii și a fazei tensiunilor rotorice aplicate;

— verificarea aportului de putere debitată prin rotor.

2. Verificarea fazabilității schemei GDAD pe un montaj de laborator

Montajul corespunde celui din figura 1. Generatorul încercat este o mașină asincronă de serie, fără nici o modificare, de tip AIFM 132 S6, cu trei perechi de poli, de 3,2 kW. Antrenarea se face prin intermediul unui cuplaj hidrostatic reglabil.

Figura 2 redă caracteristica obținută experimental ca generator asincron normal cu înfășurarea rotorică scurtcircuitată (K_2 închis). Turația variază în limitele alunecării față de turația de sincronism — 1000 rot/min.

Pentru intrarea în regim de GDAD, generatorul a fost antrenat la turația de 2000 rot/min și s-a conectat întrerupătorul K_3 (K_2 deschis, K_1 închis anterior). Regimurile stabile normale se obțin numai pentru anumite valori ale amplitudinii și fazei tensiunii rotorice. Variația independentă a acestor parametri nu s-a putut face printr-un transformator de tensiune și un

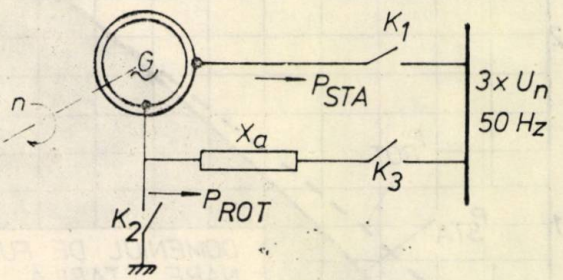


Fig. 1. Schema de principiu a unei mașini asincrone funcționînd în două regimuri: ca generator asincron la turația $(1 + s) \cdot 60 \cdot f/p$ și ca generator cu dublă alimentare directă la turația $120 \cdot f/p$; X_a — reactanță de adaptare.

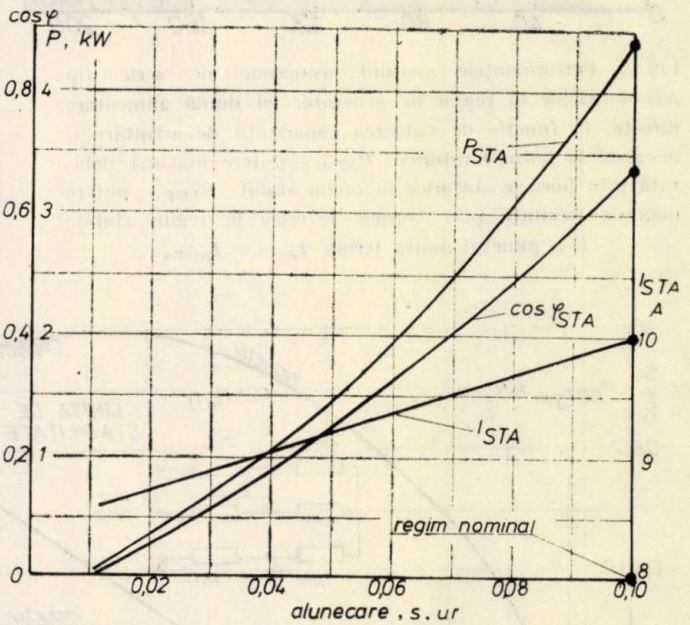


Fig. 2. Caracteristicile regimului de generator asincron — determinare experimentală la mașina asincronă tip AIFM-132-S6.

decalor de fază deoarece conexiunea acestora presupune închiderea înfășurării rotorice pe o reactanță și apariția unui cuplu asincron. De aceea obținerea și optimizarea regimurilor stabile la această mașină de serie s-a putut face numai parțial, prin înserierea la bornele rotorice, a unei reactanțe capacitive de adaptare de diferite valori. Încărcarea limită a generatorului în cursul probelor este prezentată în figura 3.

Se observă verificarea premiselor teoretice privind aportul egal de putere debitată prin stator și rotor (diferențele sesizate experimental se datoresc unor pierderi inegale între stator și rotor). În punctul L de limită a încărcării generatorului, atît ca stabilitate, cît și termic (se atinge valoarea nominală a curentului

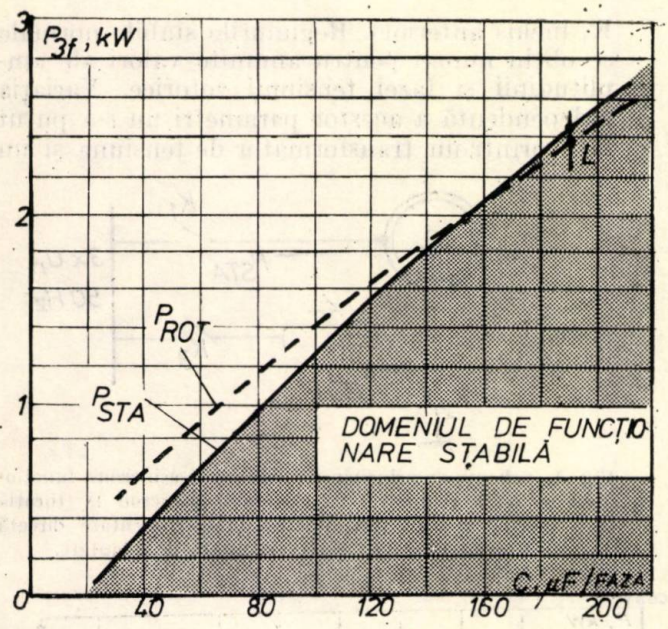


Fig. 3. Performanțele mașinii asincrone de serie tip AIFM-132-S6 în regim de generator cu dublă alimentare directă, în funcție de valoarea capacității de adaptare C înseriată la bornele rotorice; P_{STA} — putere maximă debitată prin bornele statorice în regim stabil; P_{ROT} — putere maximă debitată prin bornele rotorice în regim stabil; L — punctul limită termic $I_{ROT} = I_{ROTn}$

acest regim se impune realizarea unor generatoare special dimensionate din punct de vedere electromagnetic și, bineînțeles, mecanic.

Un caz particular este înserierea înfășurărilor statorice și rotorice, în care caz s-au obținut caracteristicile din figura 4.

3. Concluzii

1. Experimentările pe o mașină asincronă de serie cu rotorul bobinat de mică putere au permis verificarea fezabilității regimului de generator cu dublă alimentare statorică și rotorică direct la frecvența rețelei. Turația generatorului în acest regim este dublul turației sincrone din regimul normal de mașină asincronă cu înfășurarea rotorică scurtcircuitată. Generatorul debitează putere, atît la bornele statorice, cît și la bornele rotorice.

2. La o mașină asincronă uzuală pusă să lucreze în regim de GDAD, o îmbunătățire parțială a stabilității și a performanțelor se poate face prin înserierea la bornele rotorice a unei reactanțe de adaptare.

3. În vederea aplicării industriale a GDAD la grupuri energetice neconvenționale se impune proiectarea unor generatoare electrice specializate, atît din punct de vedere mecanic, cît mai ales din punct de vedere electromagnetic, astfel încît performanțele optime să fie asigurate.

4. GDAD este vizat pentru aplicații la grupuri aerogeneratoare cu două turații și la grupuri turbogeneratoare cu fluide organice de turație 6000 rot/min. Această ultimă aplicație conduce la renunțarea la reductorul de turație intermediar între turbină și generatorul clasic

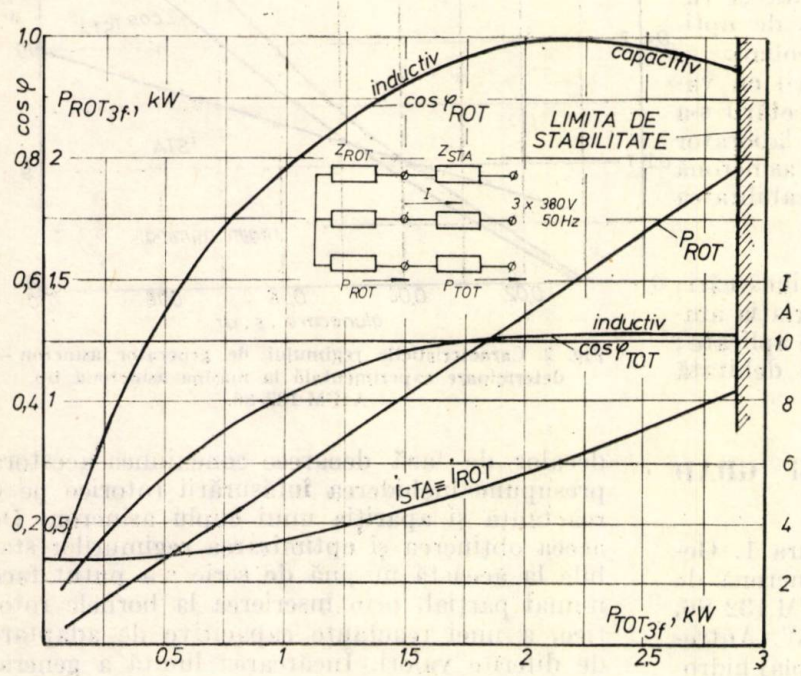


Fig. 4. Caracteristicile regimului de generator cu dublă alimentare directă în schema cu înfășurările statorice și rotorice înseriate — determinare experimentală la mașina asincronă tip AIFM-132-S6.

rotoric—16 A) se debitează în total 4,8 kW, o putere mai mare decît cea nominală în regim de generator asincron normal, deși factorul de putere al rotorului (0,64 inductiv), ca și cel al statorului (0,75 inductiv) sînt neconvenabili. Rezultă că o mașină asincronă de serie nu poate pune în valoare decît parțial avantajele regimului de dublă alimentare directă. Pentru

și face posibilă o soluție extrem de avantajoasă — capsularea generatorului în aceeași carcasă cu motorul primar.

Bibliografie

[1] Țânțăreanu, Cr. *Avantajele energetice ale funcționării cu turație variabilă a grupurilor aerogeneratoare de mare putere.* În : Energetica, 32, nr. 3/1984, p. 125—131.

[2] Botvinik, M. M. *Asinhronizirovanaia sinhronaia mașina.* În : Gosenergoizdat, Moscova, 1960.

[3] Carlson, O., Hylander, J. *The influence of the harmonics in rotor current on the wave shape of the stator voltage in a double fed winddriven induction generator.* Rapport NE/VIND-82/25, Chalmers University of Technology, Göteborg, martie 1982.

[4] Gish, W. ș.a. *An adjustable speed synchronous machine for hydroelectric power applications.* În : Power Apparatus and Systems, nr. 5/1981.

[5] Richter, R. *Mașini electrice,* vol. IV, Editura tehnică, București, 1960.

Profesor dr. ing. ALEXANDRU DIACON la 60 de ani

Șef de promoție, absolvent al Institutului Politehnic București cu „Magna cum laude" în specialitatea construcții hidrotehnice a desfășurat timp de peste trei decenii o remarcabilă activitate inginerească, didactică și de concepție a numeroase obiective hidroenergetice din țara noastră.

Datorită competenței și probității profesionale prof. dr. ing. Alexandru Diacon a făcut și face parte din colective de conducere sau cu activitate tehnico-științifică internă sau de colaborare internațională.

În prezent îndeplinește funcția de inspector șef în cadrul Inspectoratului General de Stat pentru Investiții și Construcții, unde răspunde de expertizarea, analizarea tehnico-economică, de urmărirea investițiilor aparținînd unor importante ramuri economice : energie electrică și termică, nucleară, petrol, geologie, chimie, gospodărirea apelor și îmbunătățiri funciare.

Colegiul de redacție al revistei „Energetica" îi urează cu acest prilej multă sănătate, fericire, ani mulți de activitate rodnică, prezență permanentă în mijlocul energeticienilor, putere de muncă pusă în slujba dezvoltării patriei noastre.

La mulți ani !

COLEGIUL DE REDACȚIE

De la Comitetul Național Român al Conferinței Mondiale a Energiei

Conferința Mondială a Energiei, prin publicațiile sale, reprezintă o sursă foarte căutată, folosită și citată cu autoritate, pentru felurite date statistice energetice. Se pot cita în acest sens :

— Balanțele privind cererea și oferta de resurse energetice pe plan mondial și regional (lucrare elaborată sub egida Comisiei de Conservarea Energiei a CME).

— Perspectivele mondiale pentru înlocuirea petrolului pînă în orizontul 2020 (Raport al Grupului de lucru pentru înlocuirea petrolului).

— Atlasul resurselor energetice mondiale.

— Balanțele energetice naționale.

Pe de altă parte, numeroase rapoarte tehnice sînt elaborate și prezentate la Congresele trianuale ale CME și la reuniunile organelor sale subsidiare.

Pornind de la necesitatea de a face datele energetice comparabile și de la dificultățile întîmpinate pentru realizarea acestui deziderat chiar în propriile sale publicații, CME a luat inițiativa de a examina și definitiva practicile folosite de statisticile naționale și internaționale, semnificația și definiția diferitelor unități de măsură energetice și a coeficienților de conversie între acestea. Misiunea de mai sus, inclusiv aceea de a face recomandările care se impun, a fost încredințată unui grup de lucru internațional, compus din :

— P. Huggins, șeful Diviziei de Statistici Energetice al Organizației pentru Cooperare și Dezvoltare Economică — OECD, membru al Comitetului „Date energetice naționale" al CME ;

— J. Pelser, administrator delegat al Institutului pentru cercetări energetice din Olanda, membru al Grupului de lucru pentru înlocuirea petrolului al CME ;

— Prof. P. Gilli, director executiv al Societății pentru tehnologii noi în industria energiei electrice din Austria, membru al Grupului de lucru pentru înlocuirea petrolului al CME ;

— A. Dejou, delegat general pentru strategii pe termen lung la Électricité de France, fost director de studii și cercetări la EdF ;

— P. Auriol, din Direcția Generală a EdF, coordonator pentru relațiile publice ale CME.

Drept președinte al grupului de lucru a fost desemnat semnatarul acestor rînduri, membru al Comisiei de conservare a energiei și al Grupului de lucru pentru înlocuirea petrolului ale CME.

Activitatea grupului de lucru, desfășurată pe o perioadă de mai bine de un an, s-a încheiat cu recomandări care au fost însușite de Comisia de conservare și de Comitetul de Programe ale CME și în final aprobate de Consiliul Executiv Internațional al CME în septembrie 1983.

Drept urmare, Conferința Mondială a Energiei a emis „Circulara Normativă nr. 1" cu indicativul CIRC Ref. I/12/84 din 8 februarie 1984, avînd următorul text :

„Coeficienți de conversie standard"

„Recomandările privind coeficienții de conversie care urmează au fost aprobate de Consiliul Executiv Internațional la reuniunea sa de la New-Delhi, cu ocazia celui de al XII-lea Congres al CME pentru a fi folosite în toate lucrările și publicațiile viitoare ale CME. Se menționează că toți coeficienții sînt dați în unități de măsură SI și că zecimalele sînt exprimate în conformitate cu Manualul de Standarde ISO nr. 2 — Unități de măsură, ediția a II-a 1982.

Recomandarea 1. Cu privire la conversia energiei electrice de proveniență hidro sau nucleară în energie primară echivalentă

În scopul întocmirii de balanțe energetice ale CME echivalentul caloric al energiei hidroelectrice și nuclearoelectrice va fi multiplicat cu un coeficient de 2,6 pentru a furniza o estimare a echivalentului combustibililor fosili înlocuiți de sursele energiei hidroelectrice sau nuclearoelectrice. Acest coeficient se va aplica în toate țările și pentru toți anii, cu excepția acelor țări care consideră că un coeficient diferit ar fi mai reprezentativ pentru condițiile lor proprii.

Este cazul în asemenea situații să se dea o explicație.

Recomandarea 2. Cu privire la puteri calorifice superioare și inferioare

În toate balanțele energetice ale CME se vor folosi puterile calorifice inferioare pentru gaze naturale, petrol și cărbuni.

Recomandarea 3. Cu privire la unitățile standard de cărbune echivalent și petrol echivalent în sistemul SI

Tona standard de petrol echivalent ce urmează a fi folosită în lucrările CME va fi de 42 GJ, iar cea corespunzătoare de cărbune echivalent urmează a fi de 29,3 GJ.

Recomandarea 4. Cu privire la energia electrică în consumul final

În scopul întocmirii de balanțe energetice ale CME, energia electrică în consumul final urmează a fi indicată atît pe baza căldurii dezvoltate (1 kWh $\cong$ 3,6 MJ = 860 kcal), cît și prin echivalentul în energie primară al energiei electrice

(9,36 MJ ≅ 2236 kcal). Ambele serii de date vor fi indicate în balanţele energetice ale CME, fără a se acorda predominanţă vreuneia asupra celeilalte şi fără a se aduce vreo altă modificare la prezentarea balanţelor energetice ale CME."

Textul circularei standard nr. 1, redat mai sus, a fost transmis tuturor Comitetelor Naţionale ale CME pentru a fi popularizat şi difuzat şi cu intenţia ca recomandările conţinute să fie aplicate în orice caz în activităţile şi publicaţiile CME şi, pe cît posibil, şi în afara CME.

Totodată trebuie subliniat că Agenţia Internaţională pentru Energia Atomică — AIEA, Agenţia Internaţională pentru Energie — IEA, Uniunea Internaţională a Gazului — IGU şi Uniunea Internaţională a Producătorilor şi Distribuitorilor de Energie Electrică — UNIPEDE au fost de acord cu adoptarea acestor recomandări. De asemenea, tuturor celorlalte organizaţii internaţionale importante, inclusiv ISO, CEI şi CIGRE — li s-au adus la cunoştinţă recomandările CME şi li s-a cerut să le însuşească şi să le transmită cu recomandarea de aplicare membrilor proprii.

Cititorii revistei noastre pot constata cu uşurinţă că recomandările CME sînt, cu mici deosebiri acceptabile, în concordanţă cu practica folosită în ţara noastră. În aceste condiţii se poate naşte întrebarea de ce a fost necesară crearea unui grup de lucru internaţional, care să consume mai bine de un an pentru a ajunge la concluzii aprioric mai mult sau mai puţin evidente.

Adevărul este că lucrurile nu sînt deloc aşa simple cum par cînd sînt privite de pe plan naţional, atunci cînd se urmăreşte o acceptare generală pe plan mondial, care să deranjeze cît mai puţin practicile folosite în prezent şi interesele, adeseori divergente, ale unor sectoare specializate ale energeticii (petrol, gaze, cărbune, nuclear, hidro, producere, consum etc.).

Von cita doar cîteva exemple de dificultăţi cu care s-a confruntat grupul de lucru în activitatea sa :

— Tona de echivalent petrol (tep sau toe) nu avea corespondenţă cu un petrol de o putere calorifică convenţională dată ; dintre valorile practicate, două (cea de 10500 kcal/kg şi cea de 10000 kcal/kg) au rămas în competiţie. În final a fost reţinută cea de a doua — care corespunde cu aproximaţie echivalenţei 1 tep=42 GJ recomandată — deşi prima avea avantajul unei relaţii foarte comode (1 tep=1,5 tec) între echivalentul petrol şi echivalentul cărbune. Dar şi relaţia între valorile reţinute (1 tec = 0,7 tep) nu este neconvenabilă. Trebuie subliniat că în favoarea variantei reţinute în final, a pledat şi faptul că ea era utilizată atît de producătorii de petrol (OPEC), cît şi de principalii consumatori (OECD).

În aceeaşi situaţie se află şi tona de echivalent cărbune (tec sau tce). Mai întîi trebuie semnalat — oricît de curios poate părea — faptul că în afara ţărilor socialiste noţiunea de „combustibil convenţional", respectiv „tc.c." este practic necunoscută. În consecinţă, a trebuit dusă o luptă argumentată şi de durată în vederea acreditării valorii de 7000 kcal/kg pentru „echivalent cărbune" (ceea ce corespunde la 1 tec = 29,3 GJ). Argumentul împotriva soluţiei adoptate era că în realitate cărbunii fizici (chiar cei de calitate superioară) nu ating o astfel de putere calorifică.

Coeficientul de 2,6 din Recomandarea 1 a fost ales convenţional ca o valoare medie pentru diferite sisteme electroenergetice naţionale cu diferite structuri pentru combustibilii fosili folosiţi la producerea energiei electrice. S-a avut în vedere că odată cu progresul tehnic, coeficientul ar trebui să crească, dar pentru o bună bucată de vreme, în orice caz pînă în anul 2000, problema nu se pune.

Recomandarea 3 a fost necesară, deoarece, oricît de ciudat ar părea, există şi practici de folosire a puterii calorifice superioare, în particular la gazele naturale.

În fine, pentru Recomandarea 4 a militat şcoala recentă de gîndire, promovată în special în Franţa, care demonstrează că şi la capătul „utilizare finală" energia electrică, fiind o energie cu calităţi superioare, trebuie multiplicată cu un coeficient care depinde de tipul utilizării şi ia valori extrem de diverse : de la 1, pentru utilizări electrotermice clasice, la 2,3 sau chiar 10 sau 20, în cazuri singulare. Faptul că s-a ales la Recomandarea 4 o valoare medie de 2,6, identică cu cea de la capătul „producere" de energie primară (Recomandarea 1), alături de valoarea 1, a fost desigur o coincidenţă simplificatoare, apropiată însă de realitatea medie.

Acţiunea iniţiată de Conferinţa Mondială a Energiei se înscrie între cele ce au drept scop omogenizarea exprimărilor în vederea cunoaşterii reciproce şi a comparării activităţii societăţii umane din diferite ţări, climate, stadii de dezvoltare etc., precum şi a uşurării cooperării internaţionale ,decimalizare, metricizare ş.a. Chiar dacă nu se vor utiliza peste tot şi din primul moment coeficienţii de conversie recomandaţi, dar se va menţiona valoarea celor efectiv folosiţi (ceea ce astăzi în foarte multe cazuri nu se practică, fiecare cititor făcînd presupuneri diferite, conforme cu ce este obişnuit), cîştigul va fi cu totul remarcabil pentru comunitatea tehnico-ştiinţifică internaţională.

Dr. ing. Călin Mihăileanu
ICEMENERG

Abonaţi-vă la

Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veţi fi bine informaţi, în principal asupra activităţii din domeniul energetic din ţara noastră precum şi din alte ţări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil şi de energie electrică în centralele electrice, reducere şi eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în reţelele electrice, creştere a siguranţei în funcţionarea sistemului energetic şi a elementelor acestuia, extindere şi creştere a eficienţei termoficării, creştere a productivităţii muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecţie a mediului înconjurător şi a instalaţiilor energetice, surse noi, reînnoibile şi noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmăreşte, de asemenea, informarea specialiştilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid şi de stat, noutăţilor tehnice din ţară şi din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic şi în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii româneşti.

. . . . . .

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea
Subsemnatul . . . . . Cod SIRUIES . . . . . .

din localitatea . . . . . str. . . . . nr. . . . . bl. . . .

sc . . . . . et. . . . . ap. . . . sect . . . . cod poştal . . . . . telefon . . . . . .

. . . . . .judeţul . . . . . .solicit . . . . . abonament(e) care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei . . . . . am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01., BN RSR fil. 3, Bucureşti, cod 74568, prin m.p.nr. . . . . din . . . . . sau la casieria ICEMENERG REDACŢIEI cu chitanţa. . . . . .

nr . . . . . din . . . . . .

Data . . . . . .

Semnătura . . .

. . . . . .

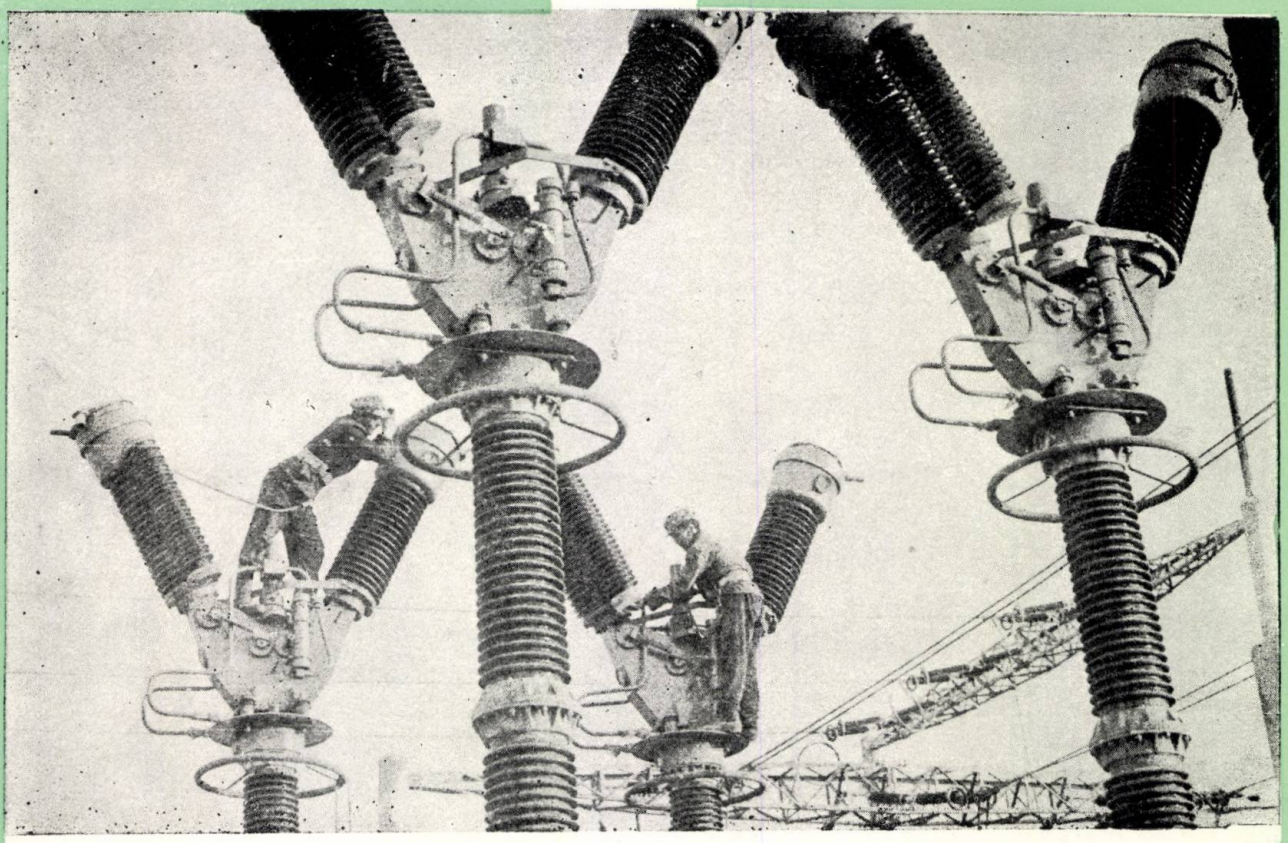
MŰSZAKI INFORMÁCIÓS HOZZÁFÉRHETŐ KÖNYVTÁR 1883

ROMELECTRO

INTREPRINDERE PENTRU
COMERT EXTERIOR

B - dul Lacul Tei, nr. 1 sector 2
Bucuresti 7000, c. p. 1 – 736
tel 12 13 26 – 12 05 51
TELEX : 10 449 roel r
BUCURESTI – ROMANIA

EXPORT • IMPORT • INSTALATII ENERGETICE • ENGINEERING • CONSULTING • ANTREPRIZA GENERALA



Romelectro Foreign Trade Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning.

Exports

- Studies, designs, technic assistance, expert s accounts in the power field as well as other specific engineering jobs ;
- Transformer and distribution substations and points ;
- High, medium and low voltage lines ;
- Rural electrification equipment ;
- Erection and assembling and power projects carried out abroad for thermo and hydropower stations, special civil works (cooling towers chimneys), dams, hydrotechnical constructions etc., export and transport of electric power ;
- Towers and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- Urban transport networks for trolley - buses.

ENERGOREPARAŢII

B-dul Mărăşeşti nr. 2, sectorul 5, Bucureşti.
Telefon: 23.26.40. Telex: 011635. - Cod poştal 774170.

EXECUTA

INTREPRINDEREA "ENERGOREPARATII"

Produce piese de schimb pentru : turbine cu abur ; turbine hidraulice ; cazane de abur ; staţii de aer comprimat ; pompe centrifuge ; ventilatoare de aer şi gaze ; instalaţii pentru pregătirea combustibilului şi execută şi lucrări de recondiţionare a acestora.

Execută lucrări de reparaţii la : turbine, generatoare şi motoare electrice.

Execută produse de mecanizare a lucrărilor de construcţii, montaj şi reparaţii din centralele electrice, staţiile de transformare şi reţele electrice; aceste produse fiind utilizate şi în alte ramuri ale economiei naţionale, în scopul măririi productivităţii muncii şi îmbunătăţirii calităţii lucrărilor.

1984 NOV 1

REFERALVA

1W

5

Energia (Victor)

energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREȘTI
MAI 1984

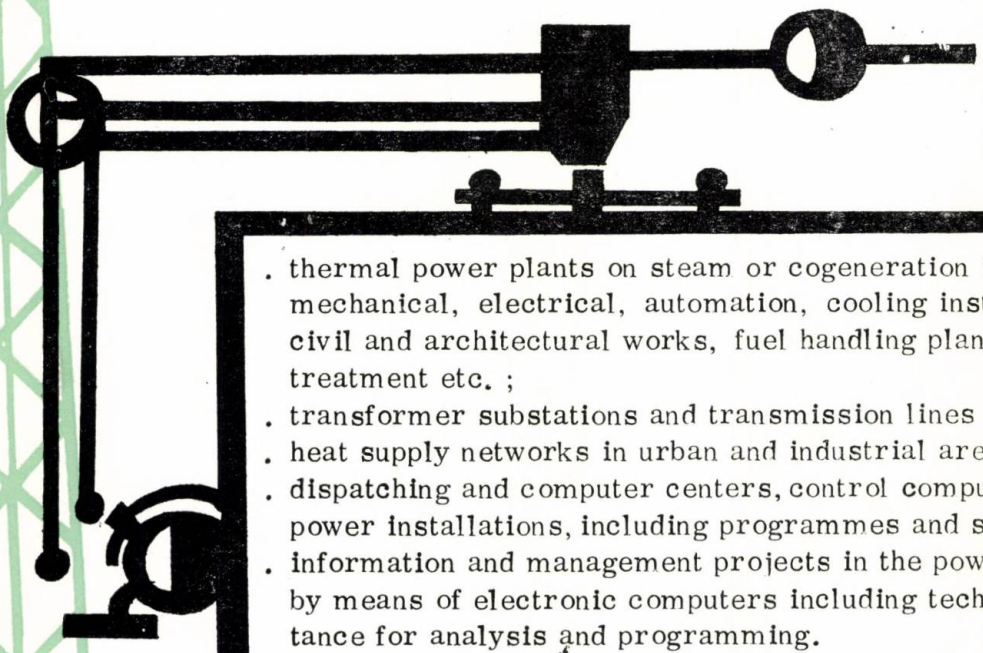
ISPE
MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI 30 • BD. LACUL TEI NR.1 • SECTOR 2
TELEGRAME I.S.P.E. - BUC. TELEX 10.978 - TELEFON 12.19.70

BUCUREŞTI, Bd. Lacul Tei nr. 1 Tel. 12.19.70; 12.71.41. Telex 10.978 ispe

Institutul de Studii şi Proiectări Energetice (The Institute for Power Studies and Designs), the specialized body of the Ministry of Electric Energy, carries out the following activities:

- Studies concerning the electric power development - planning including the power resources and the meeting of heat and electricity demand at the scale of country, zone, city or industrial area
- Optimization of operation of power system as a whole, reliability of power system and its components, interconnection of power systems, tariff policies, etc.

- Feasibility studies and complete designs for large power projects, namely :



. thermal power plants on steam or cogeneration including mechanical, electrical, automation, cooling installations civil and architectural works, fuel handling plant, water treatment etc. ;
. transformer substations and transmission lines up to 750 kV;
. heat supply networks in urban and industrial areas ;
. dispatching and computer centers, control computers in power installations, including programmes and software ;
. information and management projects in the power field by means of electronic computers including technical assistance for analysis and programming.

- Supervision, advice and checking during the erection and commissioning of power installations.

In its 35 years of activity ISPE carried out the designs for more than 30 thermal power plants with a total capacity of about 10,000 MW, for more than 50,000 MVA power substations and for over 7,000 km transmission lines of 220 - 750 kV.

1883

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 32 **5** MAI 1984

Cuprinsul

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M.Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel** (secretar redacţie)
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu**

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon: 20 67 30; 21 46 30

Cd. 2203

I. P. Informaţia, str. Brezoianu, nr. 23—25, Bucureşti, sector 1.

ARTICOLE

D. Cernomazu: **Noi contribuţii la realizarea unei automatici pentru limitarea funcţionării în gol a consumatorilor de energie electrică** 198—205

Fl. Predan: **Exploatarea cu consumuri tehnologice mici a reţelei de alimentare cu energie electrică a unei întreprinderi industriale** 206—211

V. Grigoriu: **Reducerea volumului de construcţii la staţiile de 110 kV de tip interior, prin adaptarea şi utilizarea echipamentului debroşabil** 211—216

H. Cristea, Şt. Kilyeni: **Model matematic unitar pentru implementarea unui grup de sisteme automate de reglare a excitaţiei, diferite, identificate experimental, în programele de analiză a stabilităţii sistemelor electroenergetice complexe** 217—222

Şt. Popescu: **Structuri de protecţii de impedanţă modelînd caracteristici descrise de ecuaţii de gradul patru în planul impedanţei (admitanţei)** (cu prezentare în limba engleză) 223—229

Hermina Albert, B. Ungureanu: **Funcţiuni şi activităţi pentru conducerea şi comanda operativă a Sistemului Energetic Naţional** 226—231

INVENŢII — INOVAŢII 231

MANIFESTĂRI TEHNICO — ŞTIINŢIFICE 232—234

CRONICA 234—235

RECENZII 236—238

MINIMONOGRAFII 216

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomîrleanu**
dr. ing **Gh. Popa**
ing. **A. Roșu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista „Energetica" se publică

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — șeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 2203

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

Readers from abroad can subscribe through ILEXIM — Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex 11226, București, str. 30 Decembrie, nr. 3

СОДЕРЖАНИЕ

Д. Черномазу: **Новые точки зрения по вопросу автоматики для ограничения холостой работы потребителей электроэнергии** 198—205

Фл. Предан: **Эксплуатация питающей электрической сети с маленькими технологическими расходами в промышленном предприятии** 206—211

В. Григориу: **Снижение строительного объёма контрольных пунктов станций 110 кв, путём приспособления и использования выключительного энергетического оборудования** 211—216

Х. Кристя, Ст. Килиени: **Единая математическая модель по внедрению группы разных, экспериментально проверенных автоматических систем регулировки возбуждения в программы анализа устойчивости комплексных электроэнергетических систем** 217—222

Ст. Попеску: **Защитные структуры импеданса с использованием характеристик, описанных уравнениями четвёртой степени в плане импеданса (полной проводимости)** (с изложением на английском языке) 223—229

Хермина Албert, Б. Унгуряну: **Функции и деятельность по оперативному управлению Национальной Энергетической Системой** 226—231

ИЗОБРЕТЕНИЯ — НОВАТОРСТВА 231

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ 232—234

ХРОНИКА 234—235

РЕЦЕНЗИЯ 236—238

МИКРОМОНОГРАФИЯ 216

INHALTSVERZEICHNIS

D. Cernomazu : **Neue Beiträge zur Ausführung einer Automatik für die Leerlaufbegrenzung der Elektroenergieverbraucher** 198—205

Fl. Predan : **Der Betrieb mit vermindertem technologischem Verbrauch des Elektroenergiespeisungsnetzes eines Industriebetriebes** 206—211

V. Grigoriu : **Die Verminderung des Bauvolumens bei in Gebäuden untergebrachten 110 kV Umspannwerken durch die Anpassung und Anwendung von nichtauszuräumenden Anlagen** 211—216

H. Cristea, Șt. Kilyeni : **Einheitliches mathematisches Modell für die Einführung einer Gruppe von automatischen, verschiedenen, experimentell identifizierten Erregungsregelungssystemen in den Stabilitäts-Analysenprogrammen der komplexen Elektroenergiesystemen** 217—222

St. Popescu : **Die Characteristiken beschrieben von Gleichungen vierten Grades in der Impedanz (Admittanz)-Ebene modellierenden Impedanzschutzstrukturen** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 223—229

Hermina Albert, B. Ungureanu : **Funktionen und Tätigkeiten zur Leitung und Schnellsteurung des Nationalenergiesystems** 226—231

Erfindungen-Ergeuerungen 231

Technisch-wissenschaftliche Veranstaltungen 232—234

Chronik 234—235

Rezension 236—238

Minimonographie 216

SOMMAIRE

D. Cernomazu : **Nouvelles contributions à la réalisation d'une automatique pour la limitation du fonctionnement à vide des consommateurs d'énergie électrique** 198—205

Fl. Predan : **Exploitation à consommations technologiques réduites du réseau d'alimentation d'énergie électrique d'une entreprise industrielle** 206—211

V. Grigoriu : **Réduction du volume de constructions aux stations de 110 kV de type intérieur, pour l'adaptation et l'utilisation de l'équipement débrochable** 211—216

H. Cristea, Șt. Kilyeni : **Modèle mathématique unitaire pour l'implémentation d'un groupe de sqstèmes automatiques de réglage de l'excitation, différents, identifiés expérimentalement dans les programmes d'analqse de la stabilité des systèmes électroénergétiques complexes** 217—222

St. Popescu : **Structures de protection réalisées à l'aide des impédances tout an simulant les caractéristiques décrites par les équations de quatrième degré an plan de l'impédance (admitance)** (à présentation en anglais) 223—229

Hermina Albert, B. Ungureanu : **Fonctions et activités pour la conduite et la commande opérative du système énergétique national** 226—231

INVENTIONS — INOVATIONS 231

MANIFESTATIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES 232—234

CHRONIQUE 234—235

COMPTE — RENDU 236—238

MINIMONOGRAPHIES 216

SUMMARIES

DC 621.3.015.2 ;66.012.3

D. Cernomazu : **New Contributions for Automatic Devices Building Meant to Limitate the No-Load Work of Electricity Consumers**

The paper presents the author's contributions at the building of automatic devices meant to limitate the no-load work of electricity consumers. First, the efficiency conditions for a practical application of the devices and apparata used on this purpose are presented. Several types of apparata for limiting the no-load work of transformes and welding converter built by the original concept of the authors is given. Two versions of electromagnetic devices for the no-cutters, planing machines, cam eccentric press, electric winding machine, etc. are described. The top achievement in this respect is represented by two variants of universal apparata attacheable to any type of electricity consumer which survey the consumer no-load work as well as the loading degree, making the respective ddecisions. Finally, an apparatus for the no-load work control of illumination and household utilities is presented.

[Energetica 32 (1984), nr. 5, p. 198—205]

DC 621.311.1 ; 661.5

Fl. Predan : **Small Technological Consumption Operation of the Electricity Supply Network of an Industrial Enterprise**

The paper presents the determination manner of the electricity network configuration supplying an industrial enterprise, thus that at a certain requested load curve it should register minimal technological consumptions.

To this purpose, a calculation algorithm is given which enables to determine all possible electricity supply schemes for the considered enterprise, as well as a sequential method for finding the optimal operation scheme for a certain requested load level.

Finally, an application example of the proposed method is given.

[Energetica 32 (1984), nr. 5, p. 206—211]

DC 621.311.4.005

V. Grigoriu : **Reducing the Constructions' Volume of 110 kV Indoor Posts by Adapting and Using Unbroachable Equipment**

The extension of the 110 kV voltage to distribution networks and its ever closer penetration to the consumption center, the influence of pollution on the electric insulation imposes the construction of an indoor 110 kV distribution post within an agglomeration of industrial and urban constructions.

Such situations are solved worldwide by the extended use of sulphur hexafluoride (SF_6) capsulated electric equipment with electrical and volume performances surpassing widely those of classical equipment. The very high value of such equipment and the difficulties of importing SF_6 are the main restrictions of the solution extension.

For internal 110 kV simple or without bus bars and with classical equipment a solution for the decrease of the construction scheme by 35—50 % is presented, a solution which consists in adapting and using debroachable switches at this voltage.

[Energetica 32 (1984), nr. 5, p. 211—216]

DC 621.316.052.

H. Cristea, Şt. Kilyeni : **Unitary Mathematical Model for the Implementation of an Automatic Excitation Control System (Different, Experimentally Identified) Unit in the Complex Electrical Energy Systems Stability Analysis Programs**

According to the component operational units nature, physically differently achieved, the unitary mathematical models, for the automatic excitation control systems of the power plants Rovinari, Turceni, Işalniţa and Iron Gates I have been elaborated. On the basis of the predetermined structure of these models resulted in the identification process the model's parameters have been determined experimntally using deterministic test signals. The models thus obtained have been adapted for the calculation and analysis of the National Power System regimes with reference to the Oltenia area.

[Energetica 32 (1984), nr. 5, p. 217—222]

DC 621.3.011.3

St. Popescu : **Impedance Protection Structures Modelling Characteristics Described by Fourth Degree Equations in the Impedance (Admittance) Plane** (with a short presentation in English)

One of the main matters in building distance protections is the physical achievement of some impedance measurement characteristics capable to incorporate as faithfully as possible the fault polygon.

The author indicates a method to obtain some simple equations for several measurement characteristics in the impedance plane of several shapes, as well as the possibility of a physical modelling of the respective characteristics using a very simple method.

[Energetica 32 (1984), nr. 5, p. 223—229]

DC 621.311

Hermina Albert, B. Ungureanu : **Functions and Activities for the Operative Dispatch and Control of the National Power System**

The operative dispatching of the National Power System is quite complex having important objectives, well defined functions and an importants number of activities.

The paper presents the dispatching structure and operation controls of the National Power System, the functions and activities needed to be carried out for a safe and economic operation of power equipment. The presentation in an organized shape of the main functions and activities aims to outline the important objectives which are to be met in order to provide the optimal corresponding dispatching and controls.

[Energetica 32 (1984), nr. 5, p. 226—231]

INVENTIONS-INNOVATIONS *231*

TECHNICAL AND SCIENTIFIC SYMPOSIA *232—234*

CHRONICS *234—235*

REVIEWS *236—238*

MINI-MONOGRAPHY *216*

1 Mai — sub semnul demnității muncii!

Există în viața popoarelor, ca și a oamenilor, momente marcate de o mare încărcătură de sentimente rezultate din semnificații majore. Un asemenea moment îl reprezintă prima zi a lunii mai, zi intrată de mult în tradiție ca Ziua solidarității internaționale a tuturor celor ce muncesc în lupta revoluționară pentru libertate și progres social, pentru pace și colaborare între popoare.

În țara noastră 1 Mai este sărbătorit încă din anul 1890. Manifestările din această zi s-au înscris ca tot atîtea momente remarcabile în bogata istorie de luptă a proletariatului român pentru răsturnarea regimului burghezo-moșieresc, pentru cucerirea puterii și construirea celei mai înaintate orînduiri sociale.

În cele patru decenii de la eliberarea patriei de sub dominația fascistă, tradiționala sărbătoare a reprezentat de fiecare dată, pentru poporul nostru, un prilej de trecere în revistă a realizărilor pe calea făuririi socialismului, de unire și mai puternică a rîndurilor sale în jurul Partidului Comunist Român — forța conducătoare a națiunii — de reafirmare a hotărîrii de a da viață politicii interne și externe a partidului și statului. Cele patru decenii de construcție socialistă confirmă prin puterea faptelor, că partidul comunist, continuatorul glorioaselor noastre tradiții muncitorești revoluționare, își îndeplinește cu strălucire menirea istorică de a clădi o Românie liberă și suverană, o țară socialistă cu un bogat potențial economic, cu o cultură înaintată, ai cărei cetățeni, egali în drepturi și îndatoriri, să se bucure de roadele muncii depuse. Demnitatea muncii înseamnă demnitatea omului!

A intrat în obiceiul poporului nostru de a întîmpina în fiecare an ziua de 1 Mai cu rezultate cît mai mari în muncă, în dezvoltarea social-economică a țării. Anul acesta întrecerea socialistă în cinstea marii sărbători a căpătat o amploare fără precedent. Ea se desfășoară sub semnul hotărîrii tuturor celor ce muncesc de a încheia cu succes cincinalul înainte de termen, sub semnul hotărîrii de a întîmpina cu rezultate deosebite marele eveniment istoric al anului — Congresul al XII-lea al Partidului Comunist Român.

De pretutindeni — din fabrici și uzine, șantiere și ogoare, laboratoare și institute de cercetări, din instituții de artă și cultură — sosesc vești care arată că în lupta cu timpul, în lupta pentru autodepășire sînt angajate plenar forțele națiunii, toate resursele de care dispune. În roadele muncii, în dezvoltarea continuă a patriei, se află principalul aport al poporului român la întărirea forțelor socialiste mondiale, la creșterea prestigiului și influenței socialismului în lume.

În acest context trebuie să subliniem cu deosebită satisfacție și mîndrie, înalta cinstire adusă hărniciei, spiritului de inițiativă, dăruire și răspundere exemplare, lucrătorilor din Ministerul Energiei Electrice, prin înmînarea, în cadrul solemn al Marii Adunări Naționale, de distincții ale Republicii Socialiste România și unor unități ale Ministerului nostru:

Întreprinderea Electrocentrale Porțile de Fier a primit Ordinul muncii clasa I-pentru locul I.

Întreprinderea de Rețele Energetice Timișoara, Întreprinderea Electrocentrale Oradea, Întreprinderea Electrocentrale Craiova au primit fiecare Ordinul muncii clasa a II-a, pentru locul II.

Întreprinderea Electrocentrale Deva a primit Ordinul muncii clasa a II-a pentru locul III.

De asemenea, Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice București a primit ordinul „Meritul Științific" clasa a II-a, pentru locul II.

Aceste înalte distincții dovedesc gradul de conștiință patriotică pe care l-au atins oamenii muncii din aceste unități, precum și competența ridicată cu care specialiștii din sector rezolvă problemele cu care se confruntă energetica românească avînd drept obiectiv obținerea independenței energetice a țării.

Mîndria patriotică și satisfacția datoriei împlinite, sentimente care în mod îndreptățit însuflețesc poporul nostru în aceste zile premergătoare lui 1 Mai, reprezintă o chezășie sigură că flacăra întrecerii se va înteți și mai mult, iar rezultatele se vor înmulți spre binele patriei și al fiilor ei.

Dar sărbătorirea zilei de 1 Mai înseamnă totodată pentru oamenii muncii din România și reafirmarea solidarității lor internaționaliste militante cu clasa muncitoare din toate țările lumii, cu forțele revoluționare, progresiste și antiimperialiste de pretutindeni. Este convingerea fermă a partidului nostru — subliniată în repetate rînduri de secretarul său general, tovarășul Nicolae Ceaușescu — că întărirea acestei solidarități, realizarea unei unități de tip nou în mișcarea comunistă internațională, asigurarea coeziunii întregului front antiimperialist, constituie în zilele noastre o cerință fundamentală a afirmării principiilor internaționalismului, a luptei victorioase pentru transformarea revoluționară și progresistă a societății.

Noi contribuții la realizarea unei automatici pentru limitarea funcționării în gol a consumatorilor de energie electrică

Ing. D. Cernomazu *

Paralel cu eforturile de a găsi noi surse energetice, se accentuează preocupările privind combaterea risipei de energie, conturîndu-se clar ideea că „economia de energie" reprezintă sursa energetică cea mai sigură și cea mai ieftină pentru prezent și viitor.

În contextul celor arătate, limitarea funcționării în gol a consumatorilor de energie electrică reprezintă una din căile importante de economisire a energiei electrice, în care scop au fost create o serie de dispozitive automate pentru eliminarea sau limitarea consumului în gol a unei largi categorii de consumatori electrici.

Eficiența dispozitivelor automate pentru limitarea consumului în gol este legată de îndeplinirea următoarelor condiții:

— energia consumată la punerea repetată în funcțiune a consumatorilor să fie mai mică decît energia consumată la funcționarea în gol;

— conectările și deconectările succesive să nu producă încălzirea excesivă a bobinajelor motoarelor și transformatoarelor;

— dispozitivele trebuie să fie simple, ieftine și fiabile.

Se prezintă în continuare preocupările autorului în vederea realizării unei automatici pentru limitarea funcționării în gol a consumatorilor electrici.

Deoarece în multe situații (exemplu: lucrări de montaj) durata efectivă de lucru a transformatoarelor de sudură nu reprezintă decît 25%—30% din durata schimbului, limitarea consumului în gol a acestora a devenit necesară, avîndu-se în vedere și influența asupra valorii factorului de putere a instalației.

Unul din cele mai simple dispozitive este prezentat în figura 1. În vederea eliminării funcționării în gol, contactorul 1K este înseriat cu o bobină saturabilă BS a cărei înfășurare de comandă este cuplată la un buton BC montat pe minerul cleștelui de sudură. La scurtcircuitarea înfășurării de comandă prin butonul BC bobina BS se saturează, iar contactorul 1K anclanșează.

Această schemă este mult mai avantajoasă decît varianta cu transformator coborîtor de tensiune (380/24 V) prin faptul că se reduce de peste 5 ori consumul propriu al schemei.

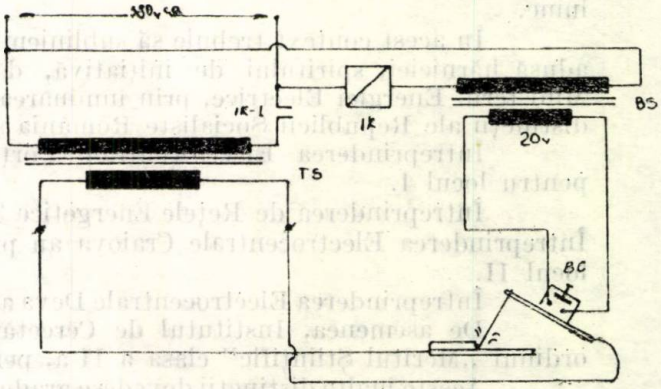


Fig. 1

În figurile 2 și 3 este prezentat un alt dispozitiv automat destinat limitării consumului în gol pentru transformatoare de sudură.

În primarul transformatorului de sudură TS este montată bobina unui contactor 1K cu contactele 1K—1; 1K—2; 1K—3 și 1K—4, precum și un condensator C_1, care, atunci cînd este înseriat cu înfășurarea primară, contribuie la creșterea impedanței acestuia și prin aceasta la reducerea curentului

*) Ing. D. Cernomazu lucrează la URTAE — Roman.

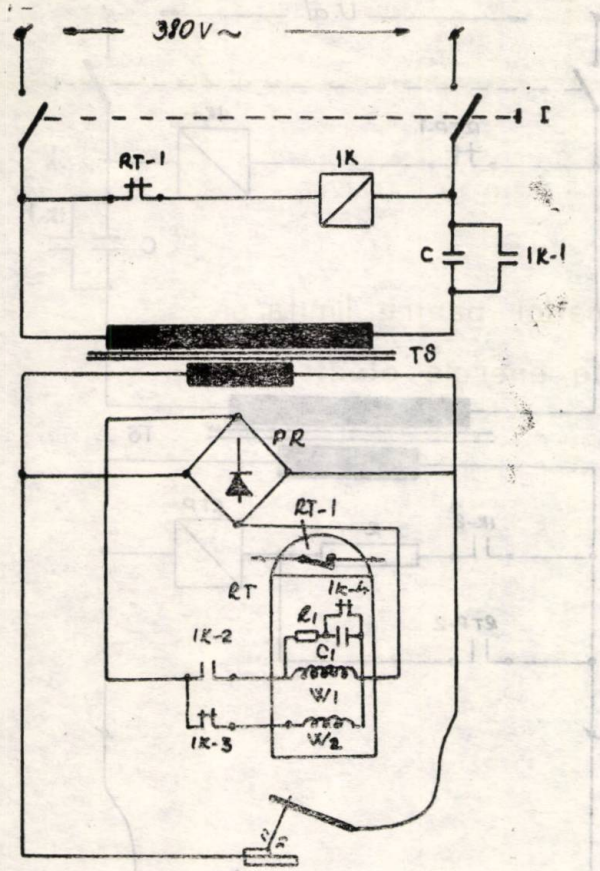


Fig. 2

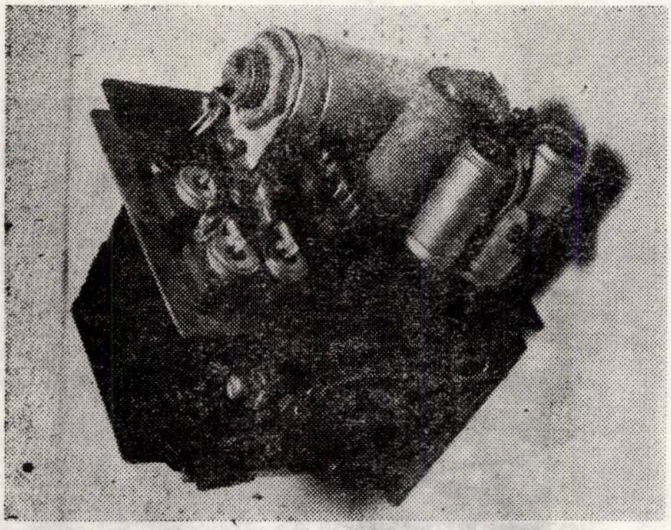


Fig. 3

primar de la 3—4 A la 0,2—0,3 A, precum și a tensiunii secundare de la 60—70 V la 20—24 V.

În secundarul transformatorului Tr este montată o punte redresoare Pr, ce furnizează tensiunea continuă de alimentare, unui releu RP, prevăzut cu două înfășurări W_1 și W_2. Înfășurarea W_1 are tensiunea minimă de lucru 50 V, iar rezistența R și condensatorul C montate în paralel, cauzează deschiderea temporizată a contactului RT-1. Tensiunea de lucru a înfășurării W_2 este cuprinsă în gama de la 18—36 V.

Funcționarea dispozitivului este următoarea: sudorul, prin atingerea electrodului de piesă, scurtcircuitează secundarul, astfel încît tensiunea furnizată releului RT, fiind nulă, se închide contactul RT-1, care determină alimentarea contactorului 1K. Prin închiderea contactului 1K-1 este scurtcircuitat condensatorul C1, astfel că la depărtarea electrodului de piesă, în secundar apare o tensiune de 60—70 V, fapt ce facilitează amorsarea și întreținerea arcului electric. La alimentarea contactorului 1K, urmare a deschiderii contactului 1K—3 și închiderii contactului 1K—2 funcționarea releului RT este comutată pe bobina W_1. În timpul sudării, tensiunea pe arc fiind inferioară tensiunii minime de lucru a bobinei W_1, contactul RT—1 al releului RT rămîne închis. La întreruperea arcului, tensiunea pe înfășurarea W_1 atinge o valoare de anclanșare după o temporizare de 3—7 secunde (reglabilă prin modificarea valorilor rezistenței R și a condensatorului C), provocînd prin deschiderea contactului RT—1 declanșarea contactorului 1K.

Declanșarea contactorului 1K este menținută ca urmare a faptului că prin deschiderea contactului 1K—2 și închiderea contactului 1K—3 funcționarea releului RT este comutată pe bobina W_2, cu tensiunea de lucru inferioară tensiunii secundare reduse, stabilită la deschiderea contactului 1K—1.

O variantă a dispozitivului descris este prezentată în figura 4.

Releul RI are tensiunea de lucru cuprinsă în gama 18—36 V, iar prin înserierea înfășurării acesteia cu rezistența adițională R1, tensiunea de lucru minimă crește la 50 V. Funcționarea este asemănătoare dispozitivului prezentat anterior. Considerînd contactorul 1K anclanșat, prin deschiderea contactelor 1K—2 și 1K—4 și închiderea contactului 1K—3 sînt introduse în circuit rezistența R și condensatorul C. În timpul sudării releul RI rămîne declanșat. La întreruperea arcului, urmare a acțiunii temporizatoare a rezistenței R_1 și condensatorului C_1, anclanșarea releului RI se produce cu o temporizare de 3—7 secunde, provocînd declanșarea contactorului 1K. Situația obținută se menține ca urmare a faptului că la scurtcircuitarea rezistenței R_1 prin contactul 1K—2 releul RI rămîne anclanșat în continuare și pentru tensiunea redusă stabilită în secundar, urmare a deschiderii contactului 1K—1.

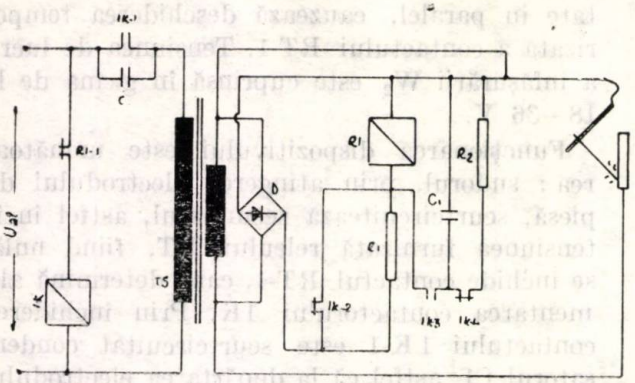


Fig. 4

În ambele cazuri perioada de temporizare amintită este necesară pentru a împiedica declanșarea contactorului 1K în cazul întreruperii accidentale a arcului electric. Posibilitatea obținerii unei temporizări reduse (de la 0,6—3 secunde) face utilizabile aceste dispozitive și în scopuri de electrosecuritate, la schimbarea electrodului de sudură.

Evident, în vederea limitării curentului de mers în gol și a tensiunii secundare, în locul condensatorului C poate fi utilizat un transformator auxiliar.

În cazul în care sînt necesare durate de temporizare mai mari de 7—10 secunde, utilizarea ansamblului RC ca element temporizator nu mai este avantajoasă.

Autorul a experimentat cu bune rezultate releele pneumatice de timp, unde temporizarea la închiderea sau deschiderea unui contact se realizează cu ajutorul unei camere elastice, care, după ce este comprimată, revine la forma inițială cu o viteză ce depinde de mărimea orificiului de admisie a aerului și care se reglează cu ajutorul unui buton de reglaj.

În figurile 5 și 6 este prezentată o primă variantă de dispozitiv aferent transformatoarelor de sudură echipat cu un releu de tipul celui descris. Camera elastică a releului RTP este eliberată odată cu alimentarea electromagnetului propriu, și cînd ajunge la volumul normal acționează printr-o tijă asupra contactului RPT-1, deschizîndu-l. Bobina releului RTP are tensiunea de lucru în gama 18—36 V, iar prin intermediul rezistenței adiționale R tensiunea minimă de lucru crește la 50 V. Trecerea de la o tensiune de lucru la o alta se realizează prin intermediul contactelor 1K—2 și RTP—2. În timpul sudării tensiunea pe arc este inferioară tensiunii de anclanșare determinată de rezistența adițională R. La dispariția arcului, tensiunea de mers în gol a transformatorului provoacă atragerea armăturii releului RTP, care, după scurgerea timpului prestabilit (reglabil în gama 0—180 secunde), provoacă, prin intermediul elementului pneumatic temporizator, deschiderea contactului RTP—1,

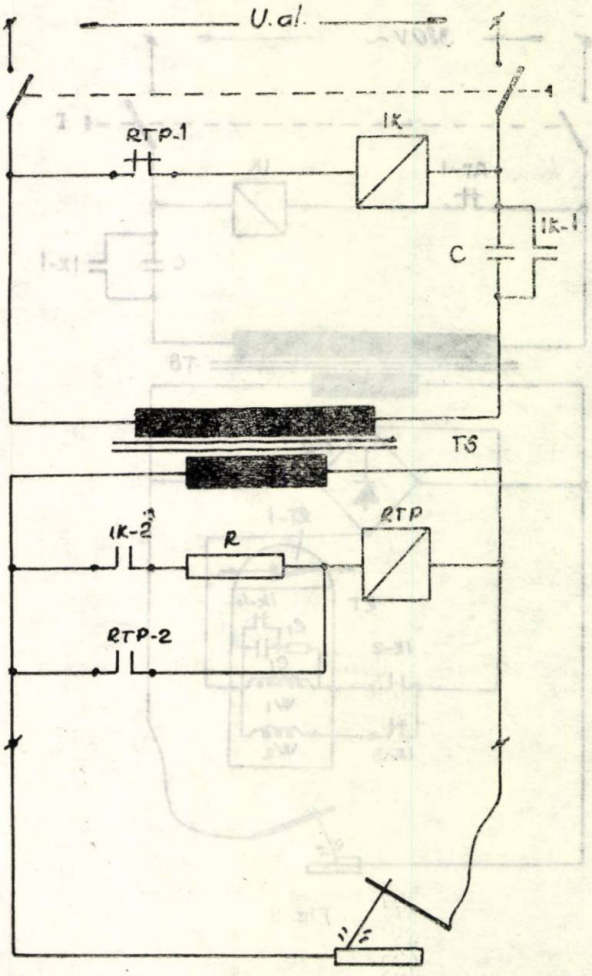


Fig. 5

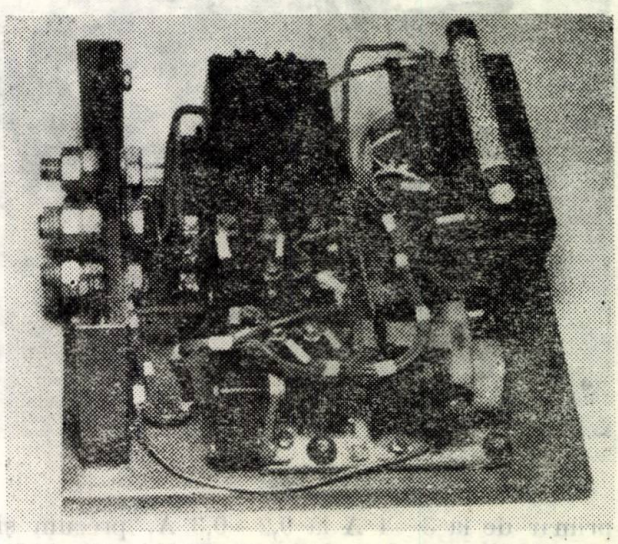


Fig. 6

urmată de declanșarea contactorului 1K și autoreținerea alimentării releului RTP la noua tensiune de lucru, prin închiderea contactului RTP—2.

Varianta prezentată în figurile 7 și 8, bazată pe utilizarea releelor pneumatice de timp, este, de asemenea, foarte simplă și sigură.

Bobina contactorului 1K, prin care se comandă alimentarea transformatorului de sudură TS, este înseriată cu o bobină saturabilă BS, a cărei impedanță se reduce la scurtcircuitarea înfășurării de comandă cuplată în paralel cu înfășurarea secundară a transformatorului de sudură TR. Scurtcircuitarea înfășurării de comandă a bobinei BS se produce în momentul atingerii electrodului de sudură de piesa de sudat, fapt ce duce la închiderea contactului 1 K—4 și la autoreținerea alimentării contactorului 1K. Prin deschiderea contactului 1K—3, înfășurarea de comandă a bobinei BS este separată de transformator. Releul RT este astfel reglat încît atragerea armăturii proprii să fie posibilă la valoarea tensiunii secundare de mers în gol, iar la mersul în gol este inițiată funcționarea elementului temporizator pneumatic, care, după o perioadă prestabilită, comandă deschiderea contactului normal închis al releului RT, prin care se provoacă declanșarea contactorului 1K.

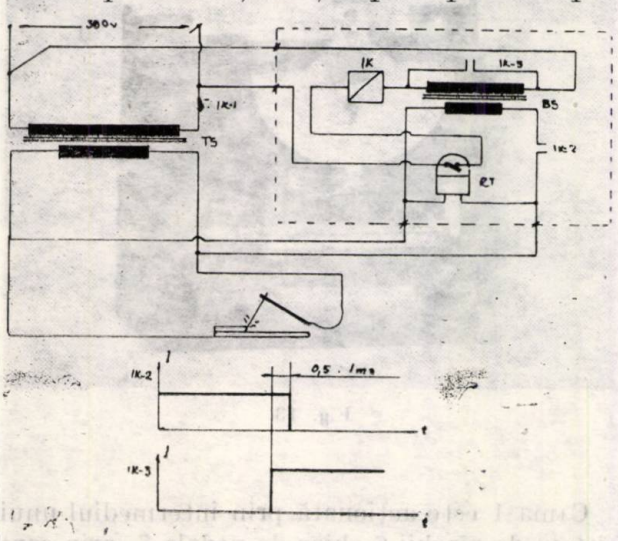


Fig. 7. Diagrama contactoarelor auxiliare aferente contactorului 1K.

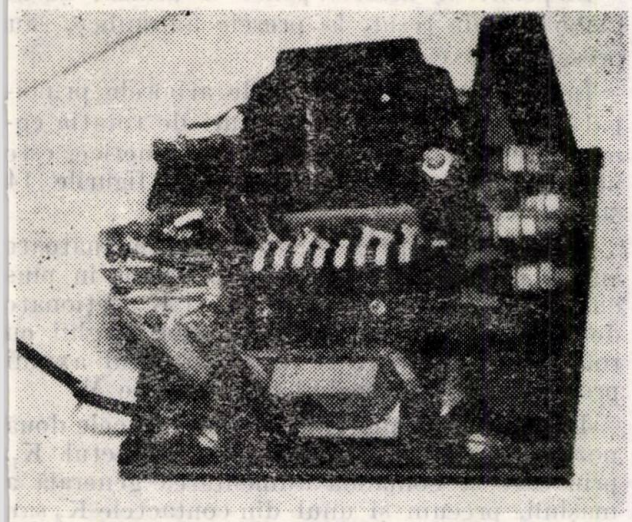


Fig. 8

În figura 9 este prezentat același dispozitiv ca în figura 7, utilizat în cazul unui redresor static de sudură.

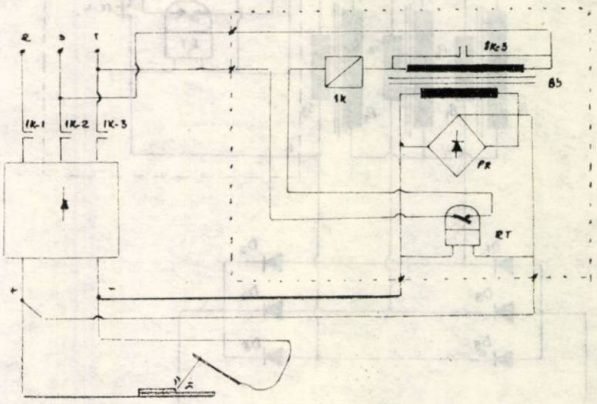


Fig. 9

În acest caz, dispozitivul este prevăzut în plus cu o punte redresoare PR, prin care înfășurarea de comandă a bobinei BS este separată de circuitul de curent continuu al redresorului. În modul arătat prezența contactului normal închis 1K—3, figurat în schema din figura 5 a devenit inutilă, fapt ce a permis eliminarea lui.

Referitor la utilizarea surselor de sudură în curent continuu, practica a demonstrat că utilizarea redresoarelor statice de sudură este mai avantajoasă față de convertizoarele rotative prin faptul că au un consum de energie mai redus, contribuie într-o măsură mai mică la înrăutățirea factorului de putere și prezintă o fiabilitate mai bună.

În figurile 10 și 11 este prezentată schema unui redresor de sudură de 350 A în a cărei construcție este inclus și un dispozitiv automat pentru limitarea consumului de energie la mersul în gol, de tipul celui prezentat în figura 7.

Particularitatea redresorului de sudură descris, constă în aceea că este realizat din trei transformatoare de sudură monofazate cu șunt magnetic, așezate unul după altul și ale căror șunturi sînt acționate de un ax comun. S-a obținut astfel un redresor mult mai simplu decît cel prevăzut cu reglajul prin premagnetizare, fără însă a se majora greutatea ansamblului. Redresorul obținut are o greutate de 270 kg, un consum în gol de 0,5 A pe fază și o gamă de reglaj a curentului de sudură de 35 A—350 A, tensiunea secundară de mers în gol fiind de 65 V c.c.

În continuare se prezintă alte dispozitive realizate cu elemente temporizatoare pneumatice.

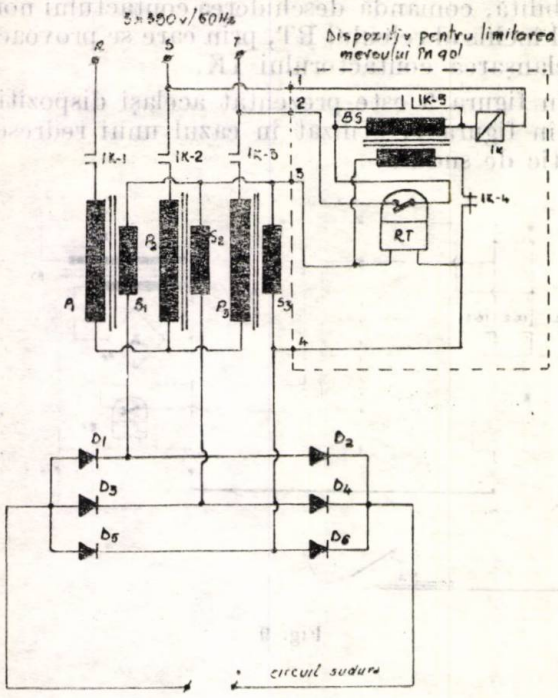


Fig. 10

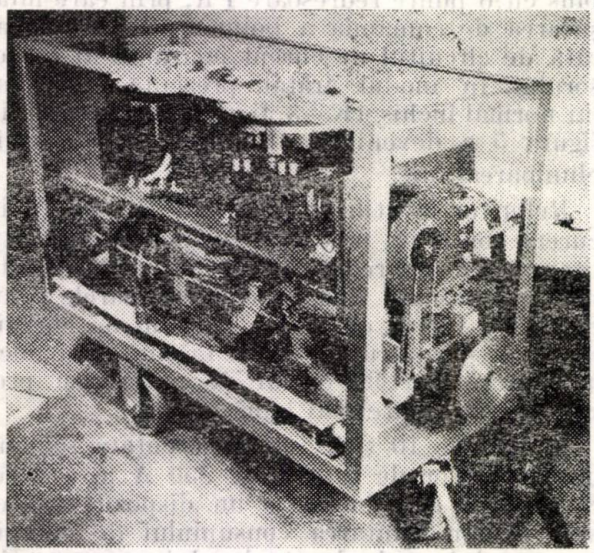


Fig. 11

În figurile 12 și 13 se prezintă un dispozitiv de limitare a mersului în gol al mașinilor pentru realizarea bobinelor transformatoarelor electrice. Cama 1 acționează prin intermediul unei role 2 asupra butonului 3 al dispozitivului temporizator 4, provocînd comprimarea camerei elastice și închiderea instantanee a contactului K1 înseriat în schema ce comandă alimentarea electrică a mașinii. La revenirea camei în poziția inițială butonul 3 al releului pneumatic este eliberat, fapt ce determină deschiderea temporizată a contactului K1 și prin aceasta, întreruperea alimentării mașinii. Durata temporizării poate fi reglată în gama 0—180 s.

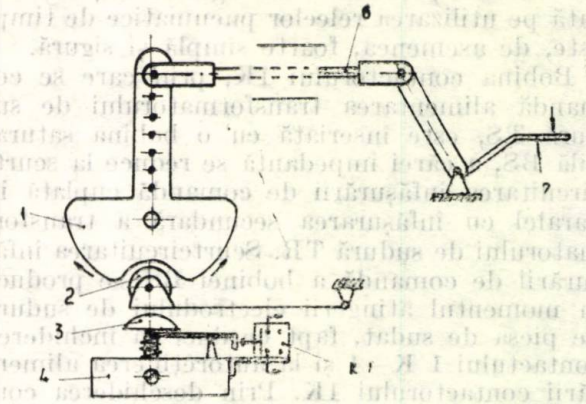


Fig. 12

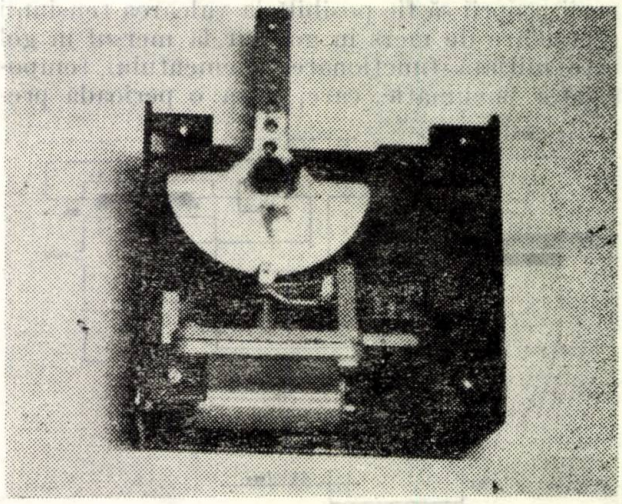


Fig. 13

Cama 1 este acționată prin intermediul unui sistem de pîrghii 6 chiar de pedala 7, prin care se acționează și ambreiajul mecanic al mașinii.

Dispozitivul descris poate fi utilizat și la războaiele de țesut, la presele hidraulice, sau presele cu excentric etc.

În cazul unor utilaje unde arborele principal al mașinii are două sensuri de rotație comandate prin ambreiaje electromagnetice, este utilizat dispozitivul prezentat în figurile 14 și 15.

Dispozitivul are o funcționare asemănătoare cu cel descris anterior, fiind prevăzut în plus cu două contacte auxiliare K_2 și K_3 acționate de cama 1 prin intermediul unor pîrghii cu rolă. Cama 1 poate fi rotită în jurul axului propriu prin intermediul unei manete M.

La trecerea manetei M pe una din cele două poziții de lucru este acționat contactul K_1 prin care se comandă alimentarea generală a mașinii, precum și unul din contactele K_2 sau K_3, prin care se comandă alimentarea unuia

din ambreiajele electromagnetice ce determină rotirea în sensul dorit a axului principal al mașinii.

Schema electrică de comandă este prevăzută cu posibilitatea blocării alimentării ambreiajelor pe perioada pornirii motorului electric principal.

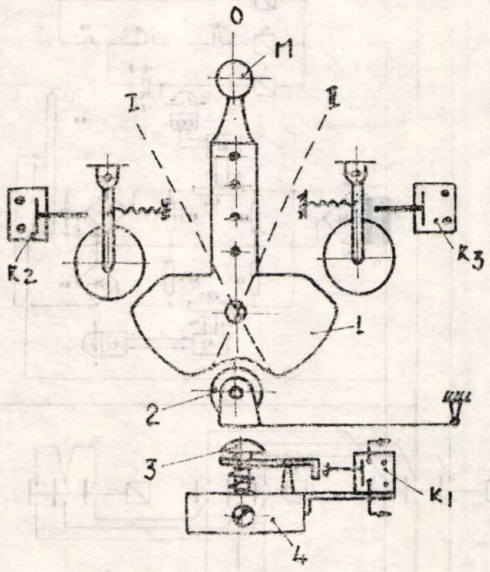


Fig. 14

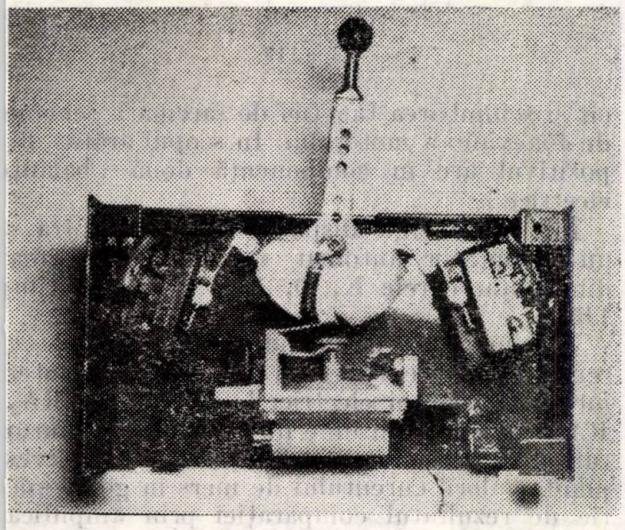


Fig. 15

În cazul utilajelor prevăzute cu ambreiaje electromagnetice poate fi utilizat și dispozitivul prezentat în figurile 16 și 17. Piesa principală a dispozitivului o constituie același releu pneumatic 1. Comanda alimentării mașinii se face prin butonul 4, care prin tija 3 și pîrghia 2 acționează și asupra elementului temporizator al releului 1, comprimîndu-l și determinînd închiderea instantanee a contactului K1, înseriat cu circuitul contactorului 1Z. În acest mod contactorul 1Z anclanșează, asigurînd alimentarea motorului M. Transmiterea rotației motorului la axul principal se asigură cu ambreiajul electromagnetic W, comandat prin maneta 7. În paralel cu bobina W este montată și bobina releului pneumatic 1, care, în perioada cît este alimentată, menține comprimat

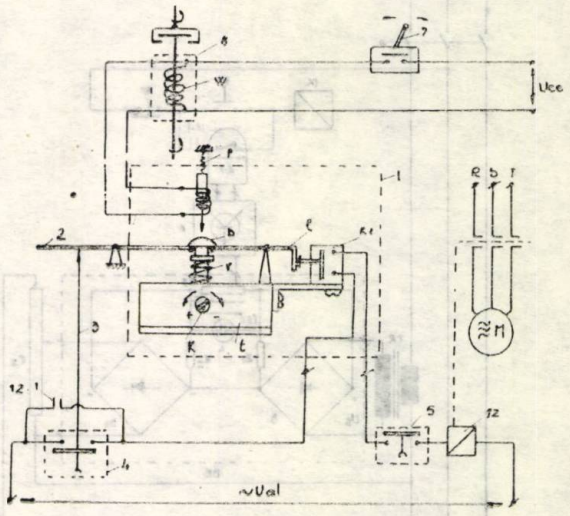


Fig. 16

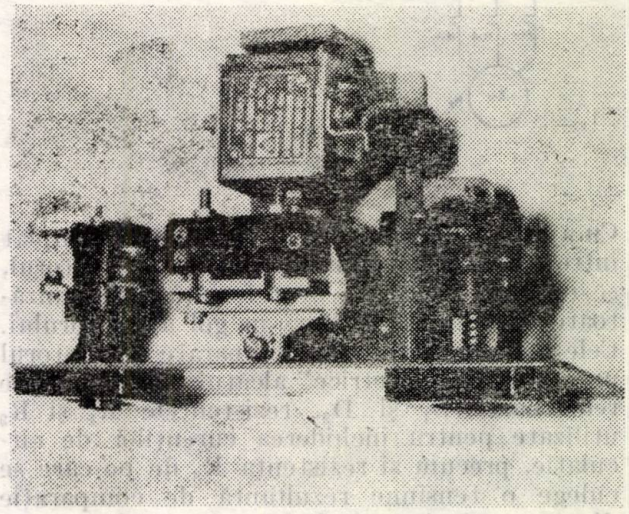


Fig. 17

elementul temporizator al releului 1. La întreruperea alimentării bobinei W armătura releului pneumatic eliberează sistemul elastic temporizator, care, după scurgerea perioadei prestabilite, comandă, prin deschiderea contactului 1K—1, declanșarea contactului 1—Z și întreruperea alimentării mașinii.

Dispozitivele prezentate în figurile 18 și 19 sînt realizate pe principiul comparării valorii curentului de mers în gol cu valoarea curentului de sarcină, în care scop dispozitivul este prevăzut cu un element de comparație de tip „balanța electrică".

Dispozitivul prezentat în figura 18 se compune dintr-un transformator de curent TC al cărui primar este înseriat cu una din fazele

circuitului prin care este alimentat motorul M_p. Tensiunea U_s obținută în secundarul transformatorului TC este astfel proporțională cu valoarea curentului de sarcină al motorului.

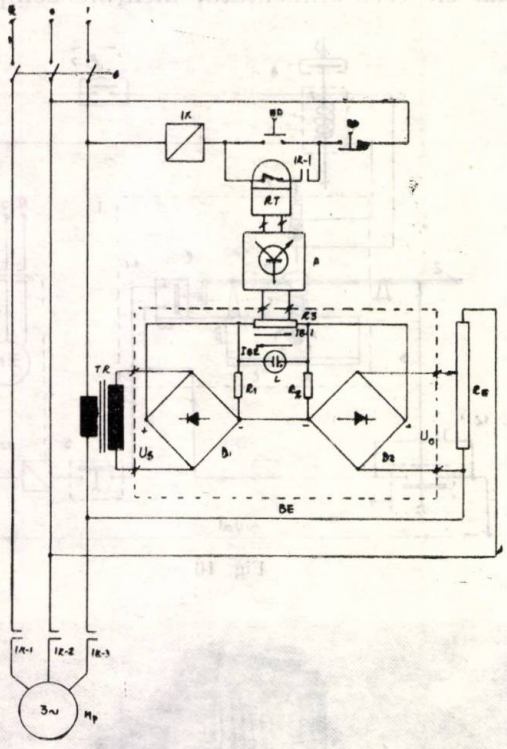


Fig. 18

Cu ajutorul unui divizor de tensiune RE cuplat între fazele circuitului ce alimentează motorul, se obține o tensiune de referință corespunzătoare curentului de mers în gol al motorului. Cele două tensiuni sînt comparate cu ajutorul unei „balanțe electrice" alcătuită din punțile redresoare D_1 și D_2, rezistențele R_1 și R_2 utilizate pentru închiderea curenților de circulație, precum și rezistența R_3 de pe care se culege o tensiune rezultantă de comparație U_c, care prin intermediul unui amplificator A, funcție de valoare și polaritate, poate comanda un releu de timp RT cu acțiune instantanee la închidere și acțiune temporizată la deschidere. Releul RT anclanșează cînd valoarea curentului de sarcină este mai mare decît valoarea curentului de mers în gol, fapt ce se traduce prin inegalitatea $U_s > U_o$.

La acționarea butonului BA contactorul 1K anclanșează și se autoreține ca urmare a închiderii contactului releului RT, provocată de faptul că la pornirea motorului M_p, curentul de pornire este mai mare decît cel de mers în gol.

Dacă în perioada de timp corespunzătoare temporizării deschiderii contactului releului RT, mașina nu intră în sarcină, contactorul 1K declanșează.

Dispozitivul prezentat în figura 19, deși cu o funcționare asemănătoare, are o destinație mai complexă, prin aceea că realizează atît deconectarea mașinii la funcționarea în gol

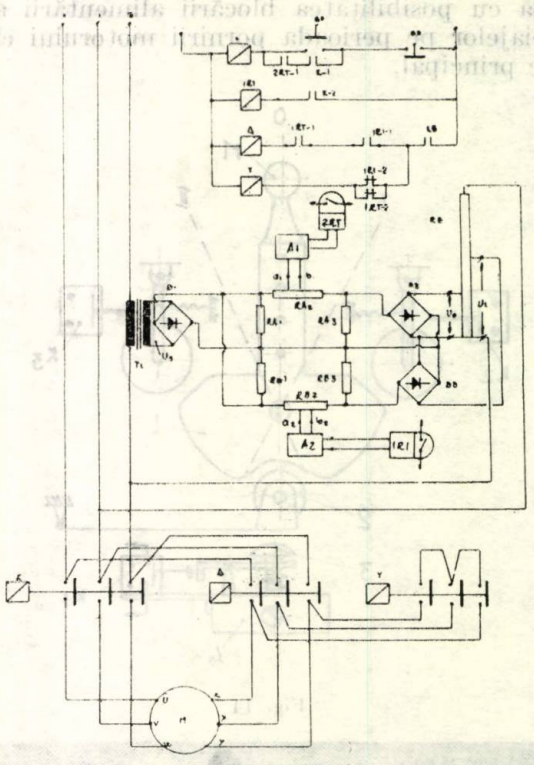


Fig. 19

cît și schimbarea funcției de sarcină a scheme de conexiuni a motorului. În scopul arătat dispozitivul are în componență două „balanț electrice".

În componența dispozitivului mai intră ș un comutator automat stea-triunghi, forma din contactoarele K, D, Y și releul de tim 1RT.

Tensiunea U_s, proporțională cu valoarea cu rentului de sarcină, este comparată prin inter mediul „balanței electrice": D_1; RA_1; RA_2 RA_3; D_2 cu o tensiune de referință U_0 furni zată de divizorul de tensiune RE și care cores punde valorii curentului de mers în gol. Funcție de rezultatul comparației prin amplifica torul electronic A_1 și releul de timp 2 RT est comandată declanșarea temporizată a con tactorului K.

Aceeași tensiune U_s prin intermediul balan ței electrice D_1, RB_1, RB_2, RB_3, D_3 este com parată cu tensiunea U_i, corespunzătoare unu curent ce reprezintă 50% din sarcina nomi nală. Tensiunea de referință U_i este obținută de asemenea, prin divizorul de tensiune RE

Cînd $U_s > U_i$, tensiunea de comparație cu leasă de pe RB_2 provoacă, prin intermediu amplificatorului A_2, anclanșarea releului inter mediar 1RI și prin aceasta trecerea motoru lui de la schema în triunghi la schema în stea

urmare a constatărilor făcute că această schenă este avantajoasă la sarcini sub 50% din arcina nominală.

Deoarece s-a constatat că în multe cazuri a părăsirea locuinței sînt uitate în funcțiune serie de aparate electrocasnice sau iluminatul electric, în figura 20 este prezentat un

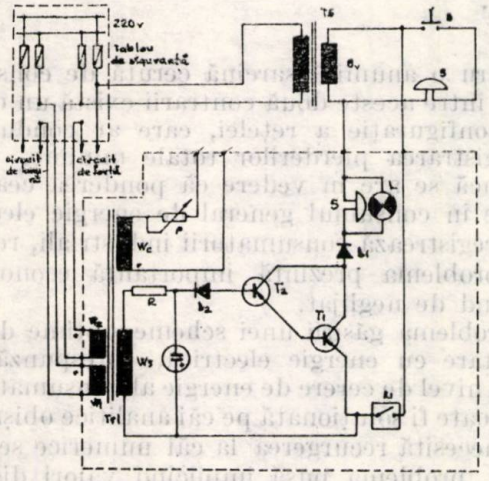


Fig. 20

ispozitiv menit să-i semnalizeze locatarului părăsirea locuinței, aceste situații anormale. În scopul arătat la tabloul de siguranță în erie cu circuitul de iluminat și forță sînt monte înfășurările primare W_1 și W_2 ale unui ransformator T_{r1}, unde în secundar apare o ensiune proporțională cu valorile curenților e străbat cele două înfășurări, și care este plicată, prin intermediul unei rezistențe R și unei diode redresoare D_2, unui amplificator ectronic format din tranzistoarele T_1 și T_2. mplificatorul are montat la ieșire o sonerie S o lampă L. Sistemul de semnalizare este pus funcțiune la închiderea contactului K_1 aconat la deschiderea ușii apartamentului. Dispozitivul este alimentat de la instalația de sonerie a locuinței. Deoarece în cadrul apartamentului există și consumatori permanenți, precum transformatorul de sonerie sau frigiderul, transformatorul T_{r1} este prevăzut și cu o înfășurare de compensație W_c, în scopul eliminării semnalizărilor false ce pot fi provocate de acești consumatori. Dispozitivul este prevăzut și cu o lampă cu neon L în scopul protecției acestuia contra supratensiunilor ce pot apărea în secundarul transformatorului T_{r1}, ca urmare a unor scurtcircuite în rețea.

Bibliografie

[1] Cernomazu, D.: *Dispozitiv pentru decuplarea la mersul în gol a transformatoarelor de sudură.* Brevet R.S.R. 71534.

[2] Cernomazu, D.: *Dispozitiv pentru deconectarea la mersul în gol a transformatoarelor de sudură.* Brevet R.S.R. 75822.

[3] Cernomazu, D., Cernomazu, I.: *Dispozitiv pentru limitarea funcționării în gol a mașinilor de bobinat.* Brevet R.S.R. 76322.

[4] Cernomazu, D., Michiu, Gh.: *Dispozitiv pentru limitarea mersului în gol al mașinilor unelte.* Brevet R.S.R. 76504.

[5] Cernomazu, D., Cernomazu, I.: *Dispozitiv pentru controlul sarcinii mașinilor unelte.* Brevet R.S.R. 78444.

[6] Rojoischi, Z. E.: *Avtomat dlia otclicenie svarocinih transformatorov.* În: Montajnie i speţialnie raboti stroitilstve, nr. 1/1969.

[7] Trunovschi, L. E.: *Ob avtomaticeskom ogranicenie napreajenia holostogo hoda svarocinih transformatorov.* În: Promîslennaia energhetika, nr. 10/1967.

[8] Priahin, V.: *Ograniciteli napreajenia holostoga hoda i toka svarocinih transformatorov i vipremitelei.* În: Promîslennaia energhetika, nr. 4/1981.

[9] Centea, O., Micloşi, V.: *Maşini şi aparate pentru sudarea electrică.* Editura tehnică, Bucureşti, 1967.

[10] Cernomazu, D.: *Contributions en réalisation des installation automatiques pour la limitation du fonctionnement sans charge de consommateur d'énergie électrique.* Comunicare la Simpozionul național de utilizare a energiei solare, Iași, 8—9 octombrie 1982.

(Primit la 5 noiembrie 1983, acceptat la 27 decembrie 1983)

Exploatarea cu consumuri tehnologice mici a rețelei de alimentare cu energie electrică a unei întreprinderi industriale

Dr. ing. Fl. Predan*

Alimentarea cu energie electrică a unei întreprinderi industriale se realizează prin una sau mai multe injecții la medie sau înaltă tensiune din rețeaua electrică a furnizorului. Alimentarea consumatorilor propriu-ziși se realizează și la alte nivele de tensiune decît la cele la care livrează furnizorul energie; de aceea sînt necesare, în cele mai multe cazuri, o serie de transformări. Condiția de continuitate a alimentării consumatorilor conduce la realizarea a o serie de legături de rezervă între principalele grupuri de consumatori, înregistrîndu-se astfel, chiar pentru o întreprindere industrială nu prea mare, o rețea electrică complexă, capabilă să alimenteze fiecare grupă de consumatori pe mai multe căi. Din motive de selectivitate a protecției, schema cu care se funcționează în cea mai mare parte a cazurilor este o schemă radială, deși este realizată buclată.

O serie de elemente de transport și de transformare de la un nivel de tensiune la altul, care realizează transportul energiei la consumatori, înregistrează, pe lîngă pierderi în rezistența acestor elemente, și pierderi în conductanța transversală. Acest al doilea tip de pierderi nu depinde practic cu nimic de sarcina cerută de consumatori, ci numai de conectarea sau neconectarea elementului sub tensiune.

O pierdere de energie în conductanța elementelor de transport existente într-o întreprindere, care să fie demnă de luat în considerație, este înregistrată în:

— conductanța transversală a transformatoarelor;

— conductanța transversală a cablurilor de medie tensiune și îndeosebi a celor izolate în PVC.

Cablurile de joasă tensiune, precum și liniile aeriene de medie și joasă tensiune, ca și eventualele linii de 100 kV nu au pierderi transversale demne de luat în considerație în calcul.

Pentru alimentarea consumatorilor, menținerea în funcțiune a tuturor rețelelor existente într-o întreprindere ar conduce la înregistrarea unor pierderi mici în rezistența elementelor lor și la creșterea pierderilor în conductanța lor. Scoaterea din funcțiune a unei părți din totalul elementelor existente conduce la creșterea pierderilor în rezistența acestor elemente și la scăderea piederilor în conductanța lor.

Pentru o anumită sarcină cerută de consumatori, între aceste două contrarii există un optim de configurație a rețelei, care ar conduce la înregistrarea pierderilor totale minime.

Dacă se are în vedere că ponderea cea mai mare în consumul general de energie electrică o înregistrează consumatorii industriali, rezultă că problema prezintă importanță economică nefiind de neglijat.

Problema găsirii unei scheme optime de alimentare cu energie electrică, corespunzătoare unui nivel de cerere de energie al consumatorilo nu poate fi soluționată pe căi analitice obișnuite Ea necesită recurgerea la căi numerice secvențiale, problema pusă implicînd valori discrete ale variabilelor, la care soluționarea nu poate realizată decît utilizînd metodele secvențial ale programării dinamice.

1. Algoritmul matematic de optimizare

Consumatorii dintr-o secție a întreprinder sînt cu toții racordați la o bară de distribuți și fiecare din ei este scos din funcțiune împreun cu linia de racordare a lui la bară atunci cîn nu mai este necesar, prin aceasta considerîn du-se că s-au luat măsurile necesare ca nici u consumator să nu funcționeze în gol. Problem optimizării schemei de funcționare se pun numai pentru rețelele de legătură între punctel de injecție de la furnizor și barele de distribuți ale diferitelor secții din cadrul întreprinderi Diversele secții ale întreprinderii, împreună c nodurile de conexiune cu furnizorul sînt conec tate între ele într-o rețea buclată complexă astfel încît să se creeze posibilitatea ca to consumatorii să fie alimentați pe mai multe că și, deci, să crească fiabilitatea în alimentare fiecărei secții consumatoare.

În general în mai toate cazurile, pentru a s realiza o eliminare selectivă a oricărui elemer pe care ar apărea o avarie, această rețea buclat este exploatată într-o conexiune radială. Aceasta, conjugată cu introducerea unor auto matizări de conectare a alimentărilor de rezerv conduce la alimentarea oricărui consumato din cadrul întreprinderii în mod continuu, chia dacă apar anumite avarii pe o cale de alimen tare. Adoptarea unor asemenea scheme de al mentare face ca, pentru o anumită cerere d putere a consumatorilor, să se calculeze c ușurință pierderile de putere care se înregi trează într-o schemă anume de alimentar

* Dr. ing. Florian Predan este cercetător științifc la ICEMENERG — București.

Avînd la dispoziție toate elementele existente în rețeaua din dotația întreprinderii, o primă prolemă de rezolvat este aceea de a găsi toate schemele posibile de alimentare cu energie electrică a tuturor consumatorilor. O examinare atentă a rețelei existente poate conduce la găsirea acestor scheme. Important este faptul că odată realizată analiza în vederea găsirii acestor scheme, ea servește întreprinderii pentru tot timpul cît nu apar noi extinderi și modificări în rețeaua din dotația întreprinderii, adică pentru un interval de mai mulți ani.

Se prezintă mai jos o metodă de găsire a tuturor schemelor posibile de alimentare.

Se întocmește graful rețelei complete de alimentare a întreprinderii industriale în studiu și, din acesta, se extrage subgraful rețelei care leagă toate nodurile consumatoare între ele. De remarcat că acest subgraf include rețele de legătură între toate secțiile consumatoare, chiar dacă acestea se găsesc la niveluri diferite de tensiune.

Se formează grafuri parțiale din subgraful rețelei consumatorilor și cîte o legătură de alimentare a întreprinderii în studiu și, pentru fiecare din aceste grafuri parțiale, se determină toți arborii compleți posibili.

Se formează grafuri parțiale din subgraful rețelei consumatorilor, împreună cu cîte două linii de legătură cu nodurile din care se alimentează întreprinderea și se determină toți arborii compleți pentru fiecare din aceste grafuri parțiale. Determinarea arborilor compleți se realizează, din aceste grafuri parțiale, considerînd că nici una din cele două linii de alimentare nu poate fi exclusă, iar cele două noduri de alimentare sînt unite între ele.

Se continuă formarea de grafuri parțiale cu cîte trei, patru etc. linii de alimentare pînă la epuizarea lor, cu observația de mai sus și se scot toți arborii compleți din ele.

Arborii compleți astfel obținuți din toate grafurile parțiale, reprezintă rețelele posibile de alimentare ale consumatorilor.

Fiecare schemă posibilă, construită din elementele existente ale rețelei și care este capabilă să alimenteze toate secțiile consumatoare din unitate, pentru o anumită putere cerută de consumatori, conduce la o relație de calcul al pierderilor de putere, care poate fi determinată cu ușurință. Ea este de forma :

$$P_i = \sum_{k=1}^{n} R_k \frac{S_k^2}{U_k^2} + \sum_{k=1}^{n} g_k U_k^2, \qquad (1)$$

în care :

R_k reprezintă rezistența elementului k ce intră în schema considerată ;

S_k — puterea aparentă care circulă prin elementul k ;

U_k — tensiunea la care funcționează elementul k ;

g_k — conductanța transversală a elementului k.

În vederea ușurării calculului, avînd în vedere că rețeaua electrică dintr-o întreprindere industrială este realizată la mai multe niveluri de tensiune, este recomandabil ca toți parametrii rețelei să fie raportați la una din tensiunile de funcționare care are cea mai mare extindere. În acest caz toți U_k se înlocuiesc cu U, iar R_k se înlocuiesc cu valorile lor raportate.

Oricare dintre schemele de alimentare a consumatorilor reprezintă o posibilitate de alimentare a lor, care, în cele ce urmează, va fi numită cale posibilă de alimentare a consumatorilor. Evident, cîte căi posibile de alimentare a consumatorilor avem, atîtea relații de calcul avem pentru pierderi.

Consumatorii unei secții cer în decurs de 24 ore puteri diferite, acestea înscriindu-se în curba de sarcină a secției respective. Fiind vorba de o întreprindere industrială, curba are un aspect specific industriei în cauză. De obicei, în decursul unui schimb de lucru cererea de putere a secției nu se schimbă prea mult. De la un schimb la altul se pot înregistra unele modificări ale acesteia. De asemenea, se pot înregistra modificări ale curbei de sarcină și de la o zi de lucru în mijlocul săptămînii la o zi de lucru din marginile săptămînii, precum și la o zi de sărbătoare. Modificările amintite mai sus se repetă într-un trimestru relativ uniform și fără schimbări notabile ale curbei de sarcină.

Din cele de mai sus rezultă că pentru un schimb se pot înregistra un set de valori ale puterilor cerute de secțiile consumatoare ale întreprinderii. Un asemenea set de valori ale puterilor cerute de consumatori, va fi numit, în cele ce urmează, o secvență de alimentare a consumatorilor.

O secvență de alimentare a consumatorilor poate fi realizată cu oricare din căile posibile de alimentare a lor, pentru fiecare cale înregistrîndu-se o anumită pierdere de energie pe perioada de timp cît se extinde secvența. Într-o săptămînă ar urma să se înregistreze, pentru întreprinderi industriale obișnuite, nouă asemenea secvențe, ele repetîndu-se pentru un interval mai mare de timp, de o lună sau de un trimestru.

Pentru o secvență de alimentare a consumatorilor, pentru care există n căi posibile de alimentare, trebuie să existe o cale care să conducă la pierderi minime, aceasta însemnînd existența unei scheme din cele n posibile care să înregistreze pierderi minime pentru un set de valori ale puterilor cerute de secțiile consumatoare. Adoptarea în exploatare a acestei scheme de alimentare a consumatorilor constituie o subdecizie optimă și, conform teoremei de optimalitate a lui Bellman, decizia generală optimă pe

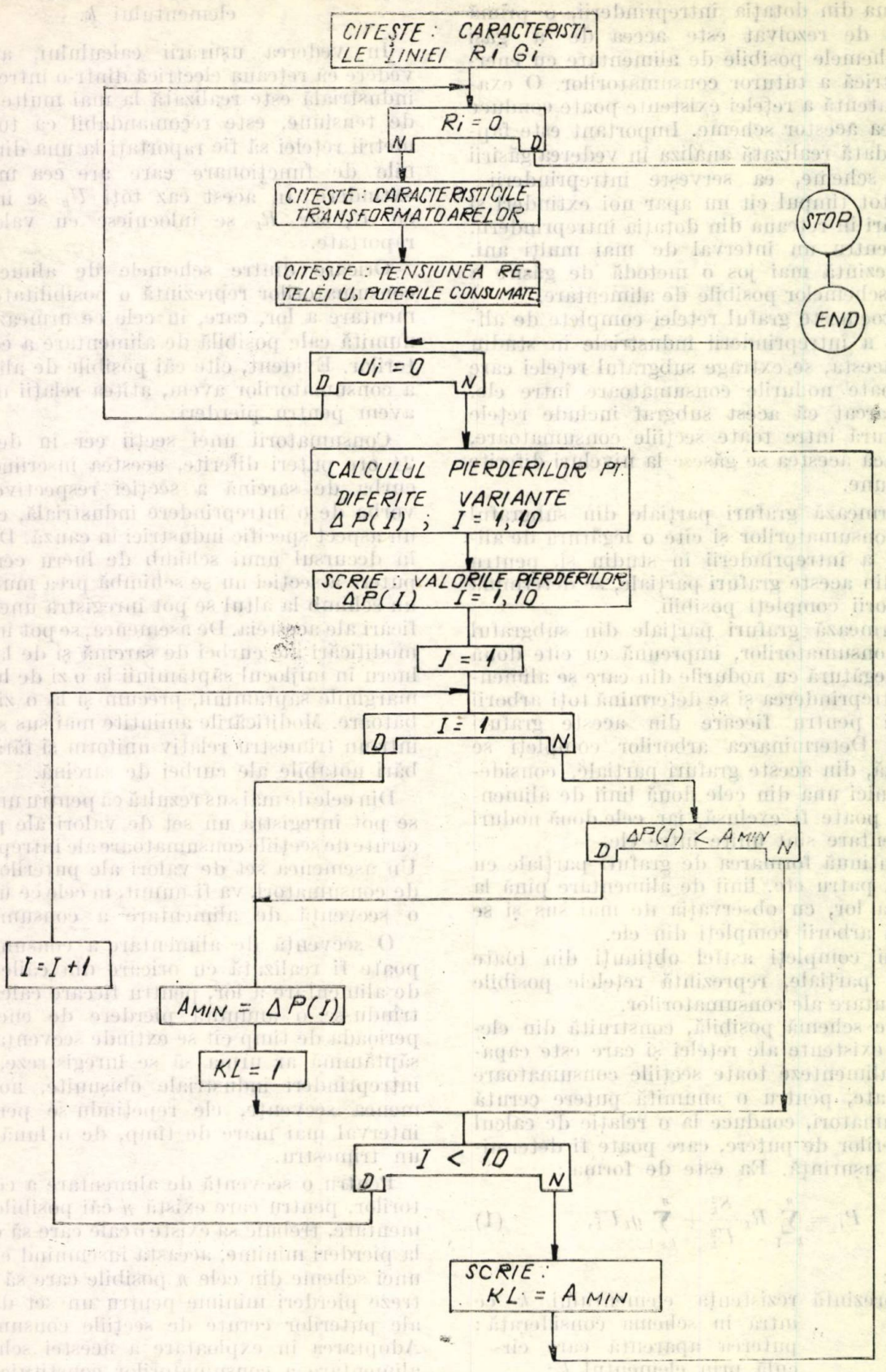


Fig. 1. Schema logică de calcul.

un interval lung de timp este formată din subdeciziile optime ale fiecărei secvențe.

Pentru rețeaua de alimentare existentă într-o întreprindere, se poate întocmi un program de calcul care să conducă la găsirea unei succesiuni de subdecizii (căi) optime de adoptat. Dacă în

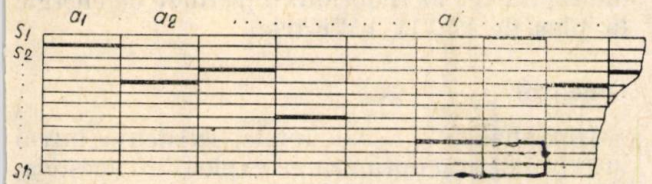


Fig. 2. Graficul de exploatare cu căile optime din fiecare secvență.

exploatare se adoptă aceste scheme optime fiecărui schimb, se obține un mod de exploatare al rețelei care, pentru diferite cereri de putere, conform curbelor de sarcină, conduce la înregistrarea unei pierderi de energie minime pe intervalul lung de timp considerat.

Schema logică de calcul este prezentată în figura 1, iar căile optime în fiecare secvență, după efectuarea calculului, conduc la un grafic de exploatare asemănător celui prezentat în figura 2, în care liniile îngroșate reprezintă liniile (schemele) optime de adoptat în exploatare.

Programul de calcul odată realizat, pentru o anumită întreprindere, rămîne valabil pînă ce apar modificări în rețeaua proiectată și realizată a ei, cînd programul trebuie refăcut.

Trecerea de la schema optimă pentru un schimb la schema optimă pentru schimbul următor necesită o serie de manevre de deconectare și conectare în sarcină a unor elemente de rețea, manevre care conduc la o realizare mai grea a exploatării rețelei. În cazul schemei luate ca exemplu sînt necesare patru pînă la șase asemenea manevre. Deoarece aceste manevre sînt deconectări și conectări în sarcină a întrerupătoarelor elementelor respective, ele conduc la o uzură majoră a acestor întrerupătoare și deci la creșterea numărului de revizii. Munca în plus necesară unei asemenea exploatări se justifică deoarece rezultatul ei este economisirea unei forme superioare de energie, cum este energia electrică.

Procedeul, în principiu, poate fi aplicat oricărui consumator industrial. Rezultatul este notabil în cazul aplicării la consumatori industriali alimentați pe mai multe paliere de tensiune și este nul în cazul în care consumatorul industrial mic este alimentat numai pe 0,4 kV.

Prin aplicarea acestui procedeu, în general, nu se înregistrează nici o implicație asupra proceselor tehnologice. Aplicarea lui nu este recomandabilă la consumatorii la care o întrerupere foarte scurtă ar conduce la distrugeri de bunuri materiale sau accidente umane.

Echipamentele electrice sînt, în cazul aplicării procedeului, solicitate în plus față de situația actuală. Întrerupătoarele vor trebui să efectueze mai multe manevre de cuplare și decuplare în sarcină a consumatorilor și din această cauză va fi necesară revizuirea lor la intervale de timp mai scurte decît în cazul actual. Din această cauză rectificarea contactelor, după cele 500 de manevre în sarcină, va deveni mai frecventă în cazul aplicării, dar consumul tehnologic economisit în acest caz justifică pe deplin acest efort. Prin aplicarea procedeului propus, în exemplu dat, se reduce consumul tehnologic cu circa 20% față de cel înregistrat înainte de aplicare.

Ca o implicație a acestui procedeu, se pot realiza diferite comenzi, automatizări, semnalizări în plus, dar aplicarea lui se poate realiza și fără introducerea unor asemenea noi instalații.

2. Aplicarea metodologiei prezentate pentru o întreprindere

Se consideră schema de alimentare cu energie electrică a unei întreprinderi industriale, ca în figura 3, unde furnizarea energiei electrice se realizează la 10 kV. Pentru rețeaua existentă sînt 16 scheme posibile de alimentare a celor trei secții consumatoare.

Aceste scheme se determină în modul următor :

Se formează graful complet al rețelei din figura 3, cu numerotarea nodurilor din figura 4. Rețeaua de legătură între secțiile consumatoare este cea care are subgraful cu nodurile 6, 7, 8 din figura 4 și lucrează la tensiunea de 0,4 kV.

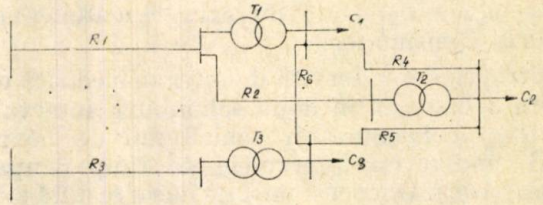


Fig. 3. Schema electrică a exemplului tratat.

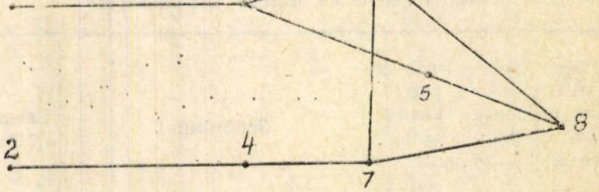


Fig. 4. Graful rețelei electrice a exemplului tratat.

Grafurile parțiale formate conduc la o serie de arbori completi, după cum urmează :

Graful parțial 13678 conduce la obținerea a trei arbori completi (eliminarea, pe rînd, a laturilor coardă 67, 68, 78).

Graful parțial 24768 conduce la obținerea a trei arbori compleți (eliminarea, pe rînd, a laturilor coardă 67, 68, 78).

Graful parțial 135678, cu considerarea păstrării laturilor 13, 36, 35, 58 în fiecare din arborii compleți extrași din acest graf parțial, conduce la obținerea a doi arbori compleți, deoarece latura 68 trebuie eliminată la obținerea tuturor arborilor compleți (eliminarea, pe rînd, a laturilor 67 și 78).

Graful parțial 1234678, considerînd nodurile 1și 2 permanent legate între ele, ca și laturile 13, 36, 24, 47, conduce la doi arbori compleți (eliminarea, pe rînd, a laturilor 68 și 78). Latura 67 este necesar să fie eliminată pentru toți arborii compleți ai acestui caz.

Graful parțial 13582476, cu excluderea completă a laturii 78 și păstrarea permanentă a laturilor 12, 13, 35, 58, 24, 47, se obțin doi arbori compleți (eliminarea, pe rînd, a laturilor coardă 68 și 67).

Graful parțial cu cele trei alimentări, din care se exclud complet laturile 67, 68, 78 și se consideră unite nodurile 1 și 2, se obține un singur arbore complet.

Din aceste scheme posibile sînt defavorabile deoarece cele trei bare de 0,4 kV sînt interconectate între ele prin cabluri de joasă tensiune ale căror rezistențe îndeplinesc condiția:

$$R_{ij} \leqslant R_{ik} + R_{kj}; \quad i, j, k = 1, 2,3.$$

În anexă sînt date relațiile de calcul pentru cele 10 căi posibile de alimetare, pentru fiecare cale indicîndu-se și ceea ce se scoate din funcțiune, precum și modul de realizare a alimentării fiecărui consumator.

Întreprinderea servită de rețeaua electrică din figura 3 lucrează în două schimburi, intervalul de timp corespunzător schimbului de noapte fiind similar cu intervalele de timp ocupate de sărbători. Din acest mod de lucru rezultă cinci secvențe caracteristice într-o săptămînă care se repetă, cu aproximație, în decursul unui trimestru.

Tabelul 1

Puterile cerute de secțiile consumatoare

Puterea consumatorului C_1	Puterea consumatorului C_2	Puterea consumatorului C_3	Schimbul	Calea optimă
811	690	748	Schimbul 1 mijloc	1
576	126	298	Schimbul 2 mijloc	5
811	278	748	Schimbul 1 margine	1
213	93	141	Schimbul 2 margine	10
30	21	25	Schimbul 3 + sărbători	9

Programul de calcul întocmit și realizat a condus la adoptarea căilor optime pentru puterile înregistrate pe schimburi (tabelul 1).

Dacă s-ar fi funcționat tot timpul cu rețeaua din figura 3 s-ar fi obținut o pierdere de energie în plus de 20,713 kWh/trim.

Concluzii

Din analiza schemei rețelei existente într-o întreprindere și optimizarea exploatării acesteia, ținînd cont de valorile puterilor pe care le cer secțiile consumatoare în diferite schimburi se obține un grafic lunar sau trimestrial de exploatare a acestei rețele, care conduce la economisirea unei cantități de energie electrică numai prin luarea unor măsuri organizatorice.

Programul de calcul întocmit în urma analizării rețelei servește întreprinderii pe întreaga perioadă pînă la o extindere și modernizare a alimentării ei cu energie electrică, cînd această analiză trebuie refăcută.

Metoda dă rezultate în cazul întreprinderilor care au rețele electrice la două sau mai multe nivele de tensiune de distribuție în incinta lor. Pentru întreprinderi alimentate la 0,4 kV nu se pune această problemă.

Metoda propusă a fost aplicată la un caz real de alimentare cu energie electrică a unei întreprinderi industriale.

Metoda poate fi aplicată și la rețelele de distribuție ale furnizorului de energie electrică în cazul alimentării consumatorilor dintr-o zonă oarecare, ca alimentări considerîndu-se injecțiile pe înaltă și foarte înaltă tensiune.

ANEXA 1

Căile posibile de alimentare ale celor trei secții consumatoare. Calea 1. Cablurile R_4, R_5, R_6 scoase:

$$\Delta P_1 = R_1 \frac{(P_1 + P_3)^2 + (Q_1 + Q_3)^2}{U^2} + R_{T_1} \frac{(P_1^2 + Q_1^2)}{U^2} +$$

$$+ (R_2 + R_{T_2}) \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} + (R_3 + R_{T_3}) \frac{(P_3^2 + Q_3^2}{U^2} +$$

$$+ (g_1 + g_2 + g_3 + g_{T_1} + g_{T_2} + g_{T_3}) U^2$$

Calea 2. T_1 scos, C_1 alimentat prin R_4:

$$\Delta P_2 = (R_1 + R_3 + R_{T_3}) \frac{(P_1 + P_3)^2 + (Q_1 + Q_3)^2}{U^2} +$$

$$+ R_4 \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} + (R_2 + R_{T_2}) \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} +$$

$$+ (g_1 + g_2 + g_3 + g_{T_2} + g_{T_3}) U^2$$

Calea 3. T_1 scos, C_1 alimentat prin R_5:

$$\Delta P_3(R_1 + R_3 + R_{T_3}) \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U^2} +$$

$$+(R_2 + R_{T_2}) \frac{(P_1 + P_2)^2 + (Q_1 + Q_2)^2}{U^2} + R_5 \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} +$$

$$+ (g_1 + g_2 + g_3 + g_{T_2} + g_{T_3}) U^2$$

Calea 4. R_2 și T_2 scoase, C_2 alimentat prin R_5:

$$\Delta P_4 = R_1 \frac{(P_1 + P_2 + P_3)^2 + (Q_1 + Q_2 + Q_3)^2}{U^2} +$$

$$+ R_{T_1} \frac{(P_1 + P_2)^2 + (Q_1 + Q_2)^2}{U^2} + (R_3 + R_{T_3}) \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U^2} +$$

$$+ R_5 \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} + (g_1 + g_3 + g_{T_1} + g_{T_3}) U^2$$

Calea 5. R_2 și T_2 scoase, C_2 alimentat prin R_6:

$$\Delta P_5 = R_1 \frac{(P_1 + P_2 + P_3)^2 + (Q_1 + Q_2 + Q_3)^2}{U^2} +$$

$$+ R_{T_1} \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} + (R_3 + R_{T_3}) \frac{(P_2 + P_3)^2 + (Q_2 + Q_3)^2}{U^2} +$$

$$+ R_6 \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} + (g_1 + g_3 + g_{T_1} + g_{T_3}) U^2$$

Calea 6. R_3 și T_3 scoase, C_3 alimentat prin R_4:

$$\Delta P_6 = (R_1 + R_{T_1}) \frac{(P_1 + P_3)^2 + (Q_1 + Q_3)^2}{U^2} +$$

$$+ (R_2 + R_{T_2}) \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} + R_4 \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U^2} + (g_1 + g_2 + g_{T_1} + g_{T_2}) U^2$$

Calea 7. R_3 și T_3 scoase, C_3 alimentat prin R_6:

$$\Delta P_7 = (R_1 + R_{T_1}) \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} +$$

$$+ (R_2 + R_{T_2}) \frac{(P_2 + P_3)^2 + (Q_2 + Q_3)^2}{U^2} +$$

$$+ R_6 \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U^2} + (g_1 + g_2 + g_{T_1} + g_{T_2}) U^2$$

Calea 8. R_2, T_1 și T_2 scoase, C_1 alimentat prin R_4 și C_2 alimentat prin R_6:

$$\Delta P_8 = (R_1 + R_3 + R_{T_3}) \frac{(P_1 + P_2 + P_3)^2 + (Q_1 + Q_2 + Q_3)^2}{U^2} +$$

$$+ R_4 \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} + R_6 \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} + (g_1 + g_3 + g_{T_3}) U^2$$

Calea 9. R_1, R_3, T_1, T_3 scoase, C_1 alimentat prin R_5 și C_3 alimentat prin R_6:

$$\Delta P_9 = (R_2 + R_{T_2}) \frac{(P_1 + P_2 + P_3)^2 + (Q_1 + Q_2 + Q_3)^2}{U^2} +$$

$$+ R_5 \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} + R_6 \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U^2} + (g_2 + g_{T_2}) U^2$$

Calea 10. R_2, R_3, T_2 și T_3 scoase, C_2 alimentat prin R_5 și C_3 alimentat prin R_4:

$$\Delta P_{10} = (R_1 + R_{T_1}) \frac{(P_1 + P_2 + P_3)^2 + (Q_1 + Q_2 + Q_3)^2}{U^2} +$$

$$+ R_4 \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U^2} + R_5 \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} + (g_1 + g_{T_1}) U^2$$

Reducerea volumului de construcții la stațiile de 110 kV de tip interior, prin adaptarea și utilizarea echipamentului debroșabil

Ing. V. Grigoriu*

Considerații generale

Extinderea tensiunii de 110 kV în domeniul rețelelor de distribuție și pătrunderea ei cît mai aproape de centrul de consum impune construcția unor stații de distribuție de 110 kV în cadrul unor aglomerări de construcții industriale și urbane. Sînt tot mai frecvente situațiile în care lipsa de spațiu sau influența poluării asupra izolației electrice conduce la realizarea acestor stații în interiorul unor construcții.

Pe plan mondial, pentru rezolvarea unor astfel de situații, se utilizează din ce în ce mai mult echipamentul electric capsulat în hexaflorură de sulf (SF_6), care prezintă performanțe electrice și de gabarit net superioare celor clasice. Valoarea încă foarte ridicată a acestor echipamente (2,5 ori mai mari decît a echipamentelor clasice conform [1]) și dificultățile de procurare a SF_6 (din import) sînt principalele restricții de extindere a soluției.

* Ing. Viorel Grigoriu lucrează la M.E.E. — Direcția tehnică.

Din acest motiv, în țara noastră, pentru realizarea stațiilor de 110 kV de tip interior, se folosesc încă soluții cu echipamente clasice, în dispoziții constructive care ocupă spații și volume însemnate. Astfel, stațiile de distribuție interioare de 110 kV cu simplu sistem de bare sînt tipizate (proiect tip R 912—82) în soluția cu echipament clasic, fiecare celulă modul avînd pasul de 6 m, adîncimea de 9,1 m și înălțimea de 12 m. Celulele de linii cu întrerupător necesită un spațiu suplimentar (o celulă modul sau un „adaos") [5].

Pentru aceste tipuri de stații, precum și pentru stațiile fără bare colectoare (derivație, racord adînc cu întrerupător, scheme „H") care constituie majoritatea stațiilor interioare construite în prezent, se prezintă în cele ce urmează o soluție nouă, la noi în țară, de reducere a volumului de construcții cu 25—50%, constînd în utilizarea întrerupătoarelor debroșabile de 110 kV, provenite prin adaptarea corespunzătoare a întrerupătoarelor IO—TM—123 kV—4000 MVA, acționate cu dispozitiv MOP—3 omologate ca prototip și în curs de lansare în fabricație [4].

1. Domeniul de utilizare a soluției cu întrerupătoare debroșabile la tensiunea de 110 kV

Pentru o primă etapă se propune aplicarea soluției la toate stațiile interioare de 110 kV cu bare simple sau fără bare colectoare și anume la schemele indicate în figura 1 [2].

Pe măsura perfecționării și experimentării soluției se va putea decide extinderea ei, atît la stațiile exterioare de 110 kV cu bare simple, cît și la stațiile cu dublu sistem de bare.

În cazul întrerupătorului IO—TM—123 kV—4000 MVA monocoloană, care se pretează cel mai bine la soluția „debroșabil", puterea de rupere este limitată la 4000 MVA, deci aplica-

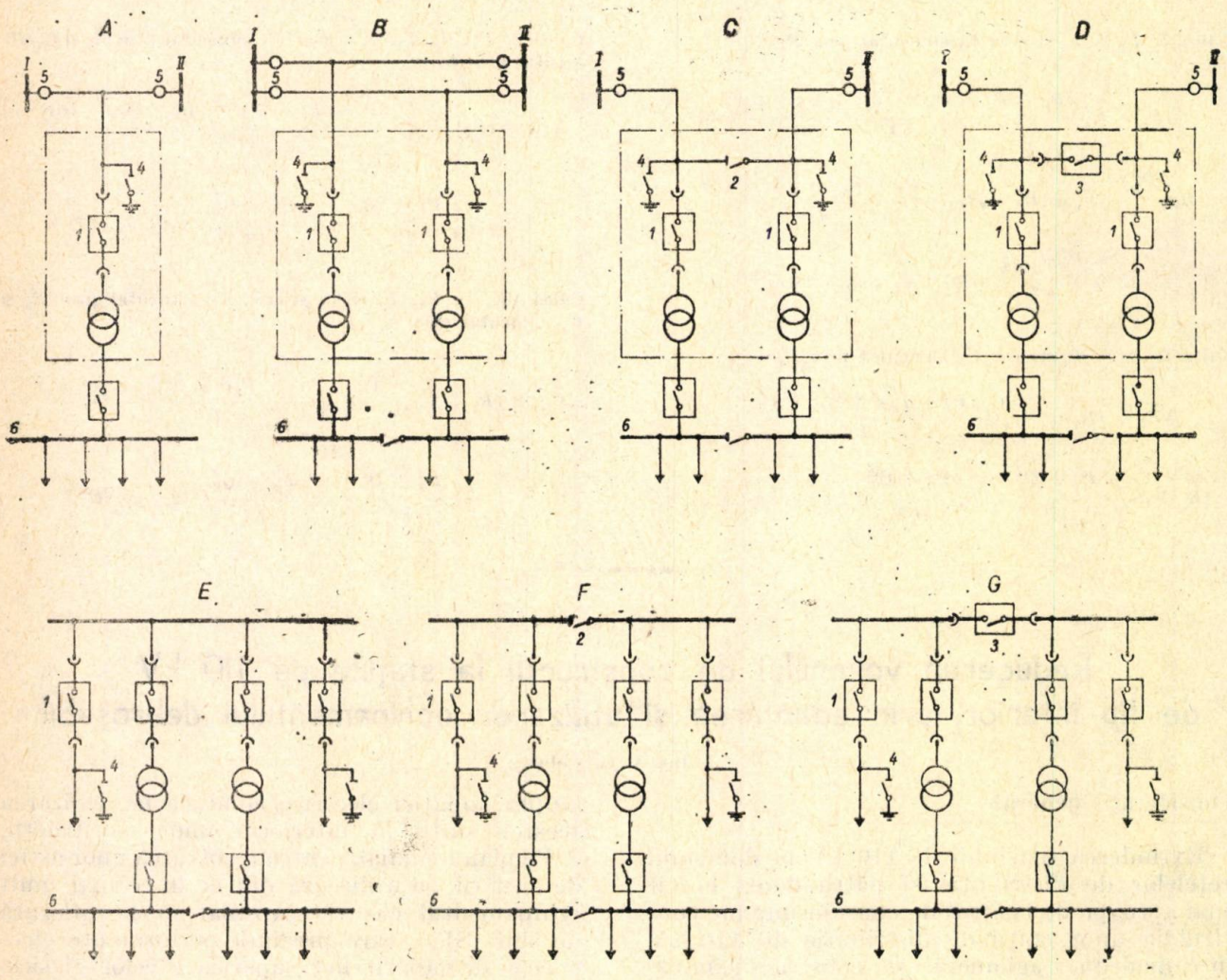


Fig. 1. Scheme de stații interioare de 110 kV la care se propune utilizarea echipamentelor debroșabile: A-stație simplă derivație sau SRA; B-stație dublă derivație sau SRA; C-stație în schemă „H" cu separator; D-stație în schemă „H" cu întrerupător; E-stație cu bare simple nesecționate; F — stație cu bare simple secționate cu separator; G — stație cu bare simple secționate cu întrerupător; I, II — barele stațiilor principale de alimentare; 1 — întrerupător debroșabil; 2 — separator de secționare; 3 — întrerupător debroșabil pentru secționare; 4 — separator de legare la pămînt; 5 — întrerupător din stațiile de alimentare; 6 — instalația de distribuție de medie tensiune.

bilă, practic, oricărei stații de distribuție alimentate din sistem.

Astfel, așa cum rezultă din figura 2, plafonul de 4000 MVA nu este depășit în nici o stație de distribuție racordată printr-o linie de 110 kV

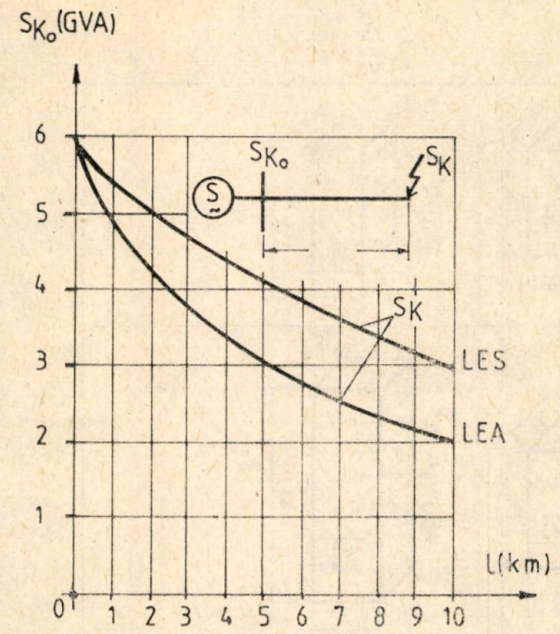


Fig. 2. Variația puterii de scurtcircuit S_k de-a lungul unei LEA (LES). Puterea de scurtcircuit în stația de alimentare de 110 kV S_{ko} = 6 000 MVA.

la o stație principală de alimentare la care puterea de scurtcircuit este egală cu puterea plafon la tensiunea de 110 kV și anume de 6000 MVA, deci lungimea minimă a liniei care contribuie la diminuarea puterii de scurtcircuit este de:

— 2,5 km în cazul liniei electrice aeriene LEA;
— 5,2 km în cazul liniei electrice în cablu (LES).

Se constată că puterea de scurtcircuit plafon de 6000 MVA se reduce după 10 km la jumătate în cazul LES și la o treime în cazul LEA.

2. Dispoziția echipamentului

În figura 3 se indică, cu titlu exemplificativ, vederea din față și secțiunea transversală printr-o celulă de linie (aeriană sau în cablu) cu întrerupător debroșabil, într-o stație interioară de 110 kV.

Dimensiunile celulei sînt:

— lățimea (pasul) . . . . . 6 m;
— adîncimea . . . . . 9,5 m;
— înălțimea (la grinda superioară) . .8 m.

Volumul construit al acestei celule, în raport cu cel din proiectul tip, este de 456 m³ față de 1310 m³, rezultînd o economie de 65%.

La nivelul unei stații, funcție de varianta de schemă, rezultă conform tabelului 1, reduceri ale volumului construit cuprinse între 38% și 50%.

Aparatajul utilizat este cel din proiectul tip R 912—82 [5], cu excepția întrerupătorului. În celulele de linii cu întrerupător, în afara economiei de două separatoare semipantograf tripolare, mai rezultă și o economie de nouă izolatoare suport (prevăzute în proiect din import); se

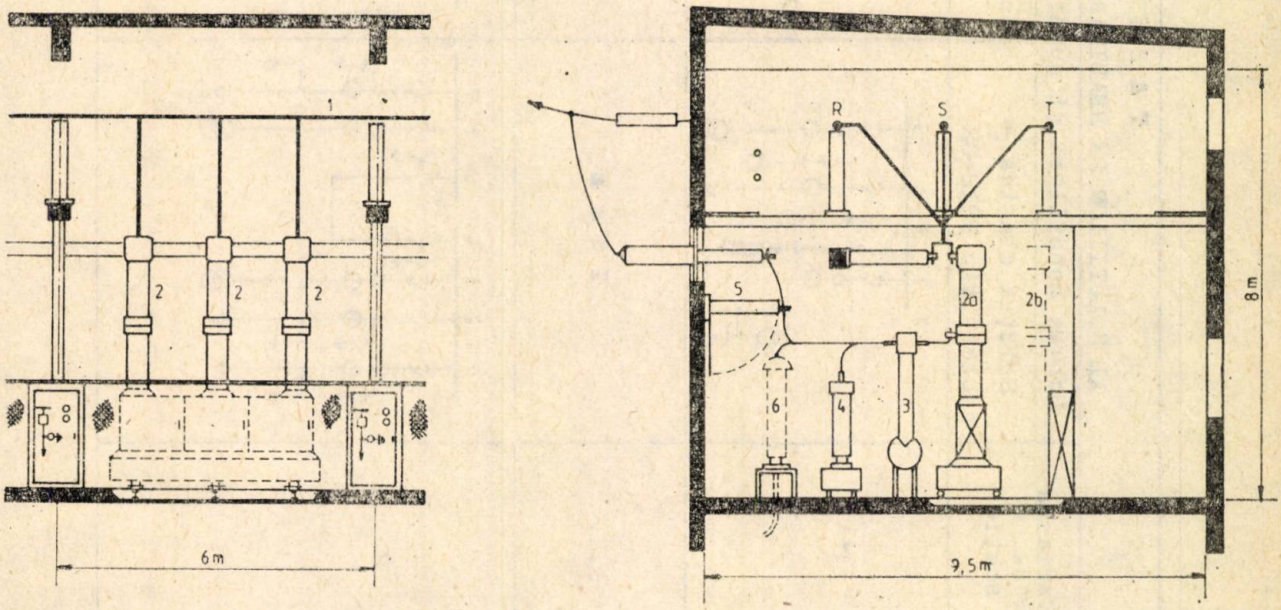
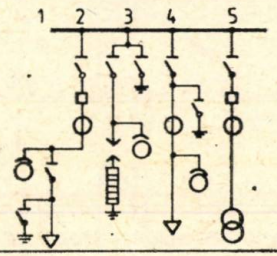
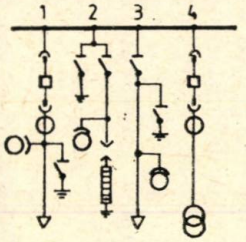
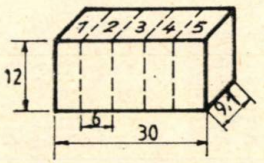
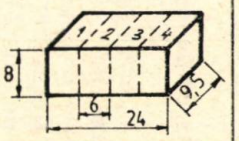
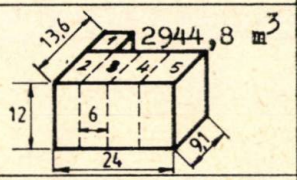
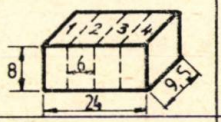
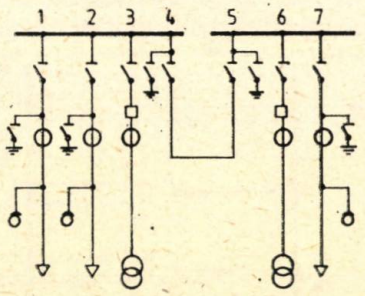
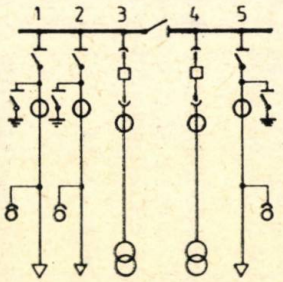
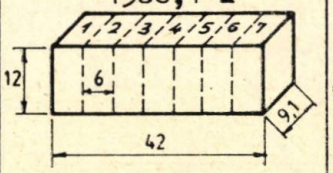
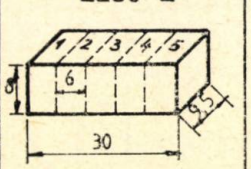


Fig. 3. Stație interioară de 110 kV simplu sistem de bare cu întrerupător debroșabil. Celulă de linie aeriană sau în cablu: 1 — bare colectoare simple; 2 — întrerupător debroșabil în poziție broșat (a) și debroșat (b); 3 — transformator de intensitate; 4 — transformator de tensiune; 5 — cuțit de legare la pămînt; 6 — cutie terminală.

Tabelul 1

TABEL COMPARATIV

AL SOLUTIILOR DE REALIZARE A STATIILOR DE 110 KV DE TIP INTERIOR

Varianta de staţie	Schema monofilară şi numărul de celule		Volumul Construit (m^3)		Reducerea	
	Soluţia clasică – proiect tip R912-82	Soluţia debroşabilă (model)	Soluţia clasică	Soluţia debroşabilă	m^3	%
1.1.			3276 m^3 	1824 m^3 	1452	44,3
1.2.	I d e m	I d e m	2944,8 m^3 	1824 m^3 	1120,8	38,0
2			4586,4 m^3 	2280 m^3 	2306,4	50,3

adaugă însă trei izolatoare cu cuțite de legare la pămînt.

Dispoziția echipamentului este de tip hală, cu pereți despărțitori între celule. Aparatajul se montează practic numai la sol.

Pentru montarea, deservirea și întreținerea aparatajului este prevăzut un culoar de 2,5 m, iar la nivelul barelor colectoare se pot amenaja una sau două pasarele de supraveghere de un metru lățime, prevăzute cu balustrade. În fața fiecărei celule se montează pereți din plasă și dulapuri de acționare locală.

3. Condiții tehnice provizorii pentru cărucio-rul întrerupătorului debroșabil

În vederea asimilării întrerupătorului debroșabil se indică în continuare, cu caracter provizoriu principalele condiții tehnice ce se impun la realizarea căruciorului întrerupătorului debroșabil:

1. Pe cărucior se montează cele trei faze ale întrerupătorului IO—TM—123 kV—1250 A —4000 MVA și dispozitivul de acționare MOP—3.

Greutatea aproximativă totală(cărucior + + întrerupător + dispozitiv) va fi de 3500 kg. Dimensiunile aproximative 3500 × 1000 × × 4500 mm.

2. Căruciorul va avea minimum patru roți cu profil corespunzător, care trebuie să asigure o centrare perfectă pe șinele de rulare; abaterea maximă nu trebuie să depășească ± 5 mm; în caz de necesitate se va prevedea și o șină centrală de ghidare.

3. Acționarea căruciorului va fi electrică (cu motor de 220 V c.c.) sau hidraulică și mecanică. Timpul de acționare va fi de ordinul 10—20 s la acționarea electrică sau hidraulică și de maximum 1 min la acționarea manuală.

4. Deplasarea căruciorului va fi permisă numai în poziția declanșat a întrerupătorului, controlată pe toată durata deplasării.

5. În pozițiile intermediare ale căruciorului circuitele de comandă ale întrerupătorului trebuie să fie întrerupte (de exemplu prin limitatoare de cursă).

6. Racordarea circuitelor electrice de comandă ale întrerupătorului și ale căruciorului se va realiza cu cabluri flexibile, montate astfel încît să permită mișcarea liberă a căruciorului și fără a se deteriora.

7. Întrucît dispozitivul de acționare nu este accesibil personalului de deservire cînd întrerupătorul este sub tensiune, circuitele sale trebuie astfel concepute încît să permită comanda și semnalizarea de la dulapul local din fața celulei și de la camera de comandă.

8. Forma și dimensiunile contactelor debroșabile se vor stabili prin încercări. Intensitatea maximă de durată prin contact, deși nu depășește la aceste tipuri de stații 500 A, se va considera egală cu cea nominală a întrerupătorului și anume 1250 A.

4. Exploatarea stațiilor cu întrerupător debroșabil

4.1. *Deservirea operativă*

Dispozitivele de comandă și supraveghere se montează în fața celulelor, în dulapul local. Deservirea operativă a stațiilor cu întrerupător debroșabil nu prezintă particularități față de cea a stațiilor cu echipament clasic.

Protecția personalului împotriva atingerilor directe ale părților sub tensiune se realizează prin amplasarea acestor părți la înălțime sau prin prevederea de îngrădiri din plasă (în fața celulelor) sau de îngrădiri pline (între celule).

4.2. *Revizia tehnică*

În vederea efectuării reviziei echipamentului primar din celule, se procedează la deschiderea întrerupătorului, realizarea izolării prin deplasarea căruciorului în poziția „debroșat" și prin legarea la pămînt a diferitelor părți ale celulei. Revizia celulei, în soluția dată exemplificativ în figura 3, fără întreruperea tensiunii barelor colectoare este posibilă în condițiile realizării distanțelor minime normate între planul de lucru și părțile aflate sub tensiune.

În alte condiții scoaterea de sub tensiune este obligatorie. Situația se poate ameliora prin secționarea longitudinală a barelor colectoare, dacă funcțional acest lucru este posibil. În cazurile în care secționarea nu este posibilă revizia echipamentelor din celulă, fără scoaterea de sub tensiune, a barelor colectoare se poate face numai în soluțiile în care se realizează o separare constructivă (cu perete sau planșeu și cu izolator de trecere interior-interior) între partea de bare și întrerupător de restul aparatelor din celulă.

Revizia întrerupătorului se poate face, cu barele sub tensiune, pe culoarul din fața celulelor, respectînd distanțele minime normate, sau într-un spațiu special amenajat la capătul stației. Revizia este mult ușurată în cazul în care stația dispune de un cărucior cu întrerupător de rezervă.

Alegerea celor mai adecvate soluții de realizare și de exploatare a stațiilor cu întrerupător debroșabil trebuie să facă obiectul unor analize separate pentru fiecare caz în parte.

5. Concluzii

Avînd în vedere, pe de o parte, economiile substanțiale, în dispoziția debroșabilă, ale volumului de construcții și de echipamente (separatoare pantograf și izolatoare suport), iar pe de altă parte faptul că implementarea și extinderea echipamentului capsulat izolat în SF_6 implică import și costuri ridicate, se propun următoarele:

1) acțiuni pentru adaptarea întrerupătoarelor existente de tip IO-TM-123 kV, 1250 A,

4000 MVA și a dispozitivelor de acționare MPO-3 în construcție debroșabilă și omologarea lor;

2) revizuirea proiectului tip R 912—82 pentru echipamente debroșabile;

3) realizarea stațiilor de interior de 110 kV, cu bare simple și fără bare colectoare, numai în soluția debroșabilă.

Bibliografie

[1] Georgescu, B. și Rașcu, P.: *Optimizarea construcției în clădire a stațiilor electrice de conexiuni de 110 kV în R.S.R.* In: Energetica, nr. 5, 1979, p. 211—218.

[2] Parschalk, F. și Hübner, M.: *Raumaparende, trennerlose 110 kV — Schaltanlagen für Innen-und Freiluftstellung* In: BBC Nachrichten, nr. 12, dec. 1965, p. 615—624.

[3] Stubs, A.: *110 kV Innenanlagen mit ausfahrbaren Leistungschaltern.* In: Siemens Zeitschrift, 37, nr. 2, feb. 1963.

[4] * * * *NTR a întreruptorului IO-TM-123 kV A-4000 MVA acționat cu dispozitiv MOP-3.*

[5] * * * *Proiect tip R 912-82 „Celule de înaltă tensiune pentru stații de tip interior de 110 kV cu bară simplă.*

(Primit la 30 iunie 1983, acceptat la 25 ianuarie 1984)

Minimonografii

Centrale hidroelectrice pe rîul Bistrița

Centrale hidroelectrice mai importante în trecut, pe rîul Bistrița, au fost 3 pe un sector de circa 10 km în zona orașului Bacău, amplasate în cascadă: Gherăești, Bacău și Letea.

Amenajarea acestui rîu, dintre cele mari ale țării, cu debit mediu anual de 50 m³/s, prezenta mai multe dificultăți: lățime mare, regim hidraulic variabil cu frecvente ape mari (puhoaie),sloiuri de gheață abundente în unele perioade ale iernilor și circulație de plute. Soluțiile tehnice date lucrărilor, în aceste condiții naturale, sînt interesante și merită să fie cunoscute.

Centrala hidroelectrică Gherăești

Caracteristicile generale ale amenajării erau: de tip cu prag de abatere și canal de derivare în lungime de circa 4 km, cu cădere brută de circa 4—5 m; debit derivat nominal 15 m³/s; putere instalată 540 CP/360 kW. Construcția a început în 1911, iar punerea în funcțiune a avut loc în 1913. Este remarcabil că deși expusă unor condiții hidraulice grele, centrala a funcționat o jumătate de secol.

Pragul de abatere a apelor Bistriței, de tip deversor, era amplasat aproximativ perpendicular, pe cursul Bistriței, la circa 150 m aval de podul căii ferate Bacău-Roman. În lungime de circa 200 m, era construit din fascine, umplute cu bolovani, iar stabilitatea lor era asigurată de două rînduri de piloți de lemn bătuți și asamblați prin grinzi de lemn, atît longitudinal, cît și transversal.

Trecerea plutelor era permisă printr-un pasaj lăsat în prag, spre malul stîng, format dintr-un uluc din bușteni, avînd fundul cu circa 0,7 m mai jos decît nivelul pragului și lățimea de 8—10 m. Ridicarea nivelului Bistriței prin prag înlesnea abaterea apelor.

Priza de apă, pe malul stîng, era echipată la intrare cu 4 stavile de lemn de stejar, manevrabile manual prin manivele. Acestea antrenau un ax orizontal, purtînd roți dințate, care acționau cremalierele stavilelor.

Aducțiunea, pentru un debit nominal de 15 m³/s, în lungime de 1900 m, era un canal deschis, cu secțiune trapezoidală, cu baza mică de 5 m și baza mare de 7 m. Malurile erau suprainălțate față de nivelul terenului prin depozitarea balastului scos la excavarea canalului și a prundișului depus treptat în canal și extras la lucrările de întreținere. Fundul canalului și parțial laturile erau podite cu dulapi de stejar, iar malurile consolidate cu stîlpi de stejar. Pe distanța de 250 m în amonte de clădirea centralei, canalul era betonat. Clădirea centralei era amplasată cu axul longitudinal perpendicular pe direcția canalului. Construcția din cadre de beton și pereții exteriori din cărămidă tencuită, avea la subsol 3 camere deschise protejate cu grătare, pentru turbine, echipate cu vane din lemn, manevrate manual și canalul de evacuare. Înaintea grătarelor un prea plin din beton descărca în aval surplusul de apă.

Turbinele în număr de 3, de tip Francis, verticale, reglate prin palete directoare, acționate de servomotor, cu regulator centrifugal tip *Voith* aveau caracteristicile: H = 3,6 m, Q = 5 m³/s, n = 100 rot/min, P = 150 CP.

Turbinele acționau prin intermediul roților dințate multiplicatoare, cîte un generator electric de tip deschis, cu ax orizontal, avînd caracteristicile: S = 150 kVA, P = 120 kW, U = 5 kV, cos φ = 0, 8, n = 500 rot/min, cu excitatoare la cap de arbore, la 65 V c.c.

Tabloul de comandă era din 5 panouri, iar în spatele lui erau celulele de 5 kV:

— trei pentru cele trei grupuri;
— una pentru postul de transformare al serviciilor interne;
— una pentru plecare spre oraș în cablu subteran.

Reglarea tensiunii se făcea cu reostate acționate maual, iar paralelul prin braț de sincronizare, întreruptoarele de 5 kV, 200 A, erau echipate cu relee directe.

Canalul de evacuare cu aceleași dimensiuni în secțiune ca aducțiunea, avea lungimea de 500 m, pe distanță de 100 m în aval de centrală podit cu dulapi de stejar. Restituirea apei se făcea în Bistrița sau în canalul de derivare al centralei hidroelectrice Bacău, care urma în cascadă.

Alimentarea cu energie electrică a orașului Bacău se făcea în cablu subteran în lungime de 3,2 km, 5 kV, 3 × 25 mm la care erau racordate 3 posturi de transformare supraterane (Bîrnat, Pod Palonanu), unul subteran la Grădina Publică și al cincilea la Primăria orașului. Pe atunci orașul Bacău avea circa 17 500 locuitori.

Centrala hidroelectrică Gherăești a fost unica pentru alimentarea orașului pînă în anul 1926 cînd s-a instalat o centrală Diesel, extinsă apoi treptat.

Această centrală era destinată să răspundă dezvoltării orașului și totodată să servească de ajutor cînd centrala hidroelectrică Gherăești era în imposibilitate de funcționare, ceea ce se întîmpla mai ales iarna, din cauza blocării prizei de apă cu sloiuri de gheață.

Prin amenajarea integrală a Bistriței în aval de CHE Bicaz „V. I. Lenin" în zona celor trei centrale de care ne ocupăm s-au construit CHE Bacău I și II, centrala Gherăești a fost dezafectată în 1962, adică după circa 50 de ani de funcționare, iar orașul Bacău racordat la Sistemul Electroenergetic Național.

Ing. Paul Cartianu — ISPE, **ing. Ioan Mazilu** — IRE Bacău

Model matematic unitar pentru implementarea unui grup de sisteme automate de reglare a excitației, diferite, identificate experimental, în programele de analiză a stabilității sistemelor electroenergetice complexe

Dr. ing. H. Cristea, ing. Șt. Kilyeni*

Introducere

În scopul optimizării reglajului automat de tensiune la grupurile din centrala Porțile de Fier I, în condiții de regimuri și perturbații prestabilite, s-a efectuat identificarea sistemelor automate de reglare a excitației la grupurile principalelor centrale din zona Oltenia (Rovinari, Turceni, Işalnița).

În vederea reducerii timpului de calcul și a memoriei ocupate în calculator, s-a realizat și implementat un model unic, valabil pentru cele trei tipuri de regulatoare identificate.

Se vor prezenta în continuare structura acestui model și problemele aferente pentru rezolvarea lui, pentru analiza regimurilor dinamice în sistemele energetice complexe.

1. Structura și caracteristicile sistemelor automate de reglare a excitației, identificate

În scopul amintit s-a determinat structura și s-a efectuat identificarea experimentală a SRAE la grupurile de tipodimensiunile : 200MW — Rovinari, 315 MW — Işalnița și 330 MW — Rovinari + Turceni, sub coordonarea colectivului LSE ICEMENERG București [1], [2].

Se vor prezenta în continuare caracteristicile SRAE identificate și cele nominale ale grupurilor generatoare aferente.

2.1. SRAE la grupurile de 200 MW — Rovinari

Datele nominale principale ale grupului generator sînt următoarele :

$$S_n = 235 \text{ MVA}, \quad U_n = 15 \text{ kV}, \quad \cos\varphi_n = 0{,}85, \quad I_n = 9050 \text{ A};$$

$$u_{En} = 310 \text{ V}, \quad I_{En} = 2060 \text{ A}, \quad U_{Emax} = 560 \text{ V}, \quad I_{Emax} = 4120 \text{ A}.$$

Schema SRAE este prezentată în figura 1.

Amplificarea și constanta de timp la blocul RT pot lua trei valori distincte, în funcție de poziția cheilor de dozaj pe canalul respectiv.

$$n_1 = 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4, \qquad n_2 = 1 \quad 2 \quad 3$$

$$K_1(n_1) = 2{,}334 \,;\, 3{,}92 \,;\, 5{,}33 \,; \quad T_2(n_2) = 5 \,;\, 21 \,;\, 30 \text{ s}.$$

Coeficientul de amplificare al regulatorului, în unități relative nominale rezultă (fig. 1):

$$K^{u.r.n.} = \frac{\dfrac{\Delta u_E^{\mathrm{V}}}{u_{En}^{\mathrm{V}}}}{\dfrac{\Delta U^{\mathrm{V}}}{U_n^{\mathrm{V}}}} = 9{,}676 * K_1$$

și în funcție de poziția cheii n_1, primește valorile :

$$n_1 = 1 \qquad 2 \qquad 3$$

$$K^{u.r.n.} = 22{,}58 \,; \quad 37{,}93 \,; \quad 51{,}57$$

În valori absolute coeficientul de amplificare are valoarea :

$$K = \frac{\Delta u_E^{\mathrm{V}}}{\Delta U^{\mathrm{kV}}} = 200 * \mathrm{K}_1 \; V_{ex}/\mathrm{kV} \text{ borne},$$

și în funcție de poziția cheii n_1, ia valorile : 466,72 ; 788,87 ; 1065,82 V_{ex}/kV borne. În prezent regulatorul funcționează pe pozițiile intermediare : $n_1 = 2$, $n_2 = 2$, cu valorile parametrilor : $K_1(n_1) = 2{,}334$ și $T_2(n_2) = 21$ s.

2.2. SRAE la grupurile de 135 MW — Işalnița

Datele principale ale grupului generator sînt următoarele :

$$S_n = 370 \text{ MVA}, \quad U_n = 24 \text{ kV}, \quad \cos\varphi_n = 0{,}85, \quad I_n = 8900 \text{ A},$$

$$u_{En} = 430 \text{ V}, \quad I_{En} = 2730 \text{ A}, \quad U_{Emax} = 700 \text{ V}$$

(pentru $I_E \geqslant 4700$ A).

Schema SRAE este prezentată în figura 2.

*) Dr. ing. Cristea Haralambie este șef colectiv de cercetare la ICEMENERG — București, șef lucr. ing. Kilyeni Ștefan este cadru didactic la Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara, Facultatea de electrotehnică, Catedra de electroenergetică.

Coeficientul de amplificare al regulatorului în unități relative nominale rezultă (fig. 2):

$$K^{u.r.n.} = \frac{\dfrac{\Delta u_E^V}{U_{En}^V}}{\dfrac{\Delta U^V}{U_n^V}} = 14{,}32,$$

iar în valori absolute:

$$K = \frac{\Delta U_{Ex}^V}{\Delta U^{kV}} = 256{,}66 \text{ } V_{ex}/\text{kV borne.}$$

Limitarea după unghiul intern θ acționează cînd $\theta \geqslant 70°$, iar K_θ poate lua valorile 0... 0,02. În prezent se funcționează cu $K_\theta = 0{,}01$.

$u_{En} = 402$ V, $I_{En} = 2610$ A, $U_{Emax_1} = 430$ V, (pentru $I_E < 5220$ A și $\Delta t < 4$s),

$U_{Emax_2} = 804$ V (pentru $I_E \geqslant 5220$ A și $\Delta t \geqslant 4$s)

Schema SRAE este prezentată în figura 3.

Coeficientul de amplificare al regulatorului în unități relative nominale rezultă (fig. 3):

$$K^{u.r.n.} = \frac{\dfrac{\Delta U_E^V}{U_{En}^V}}{\dfrac{\Delta U}{U_n^V}} = 48{,}88,$$

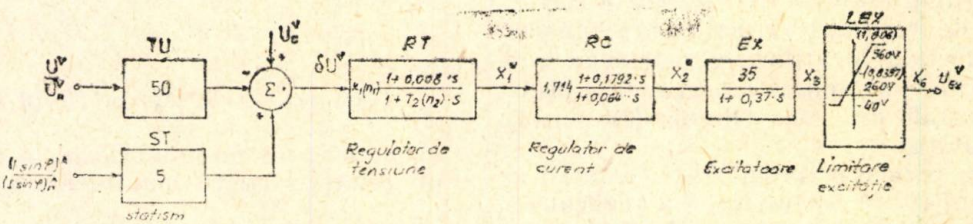


Fig. 1. Schema SRAE la grupurile de 200 MW — Rovinari.

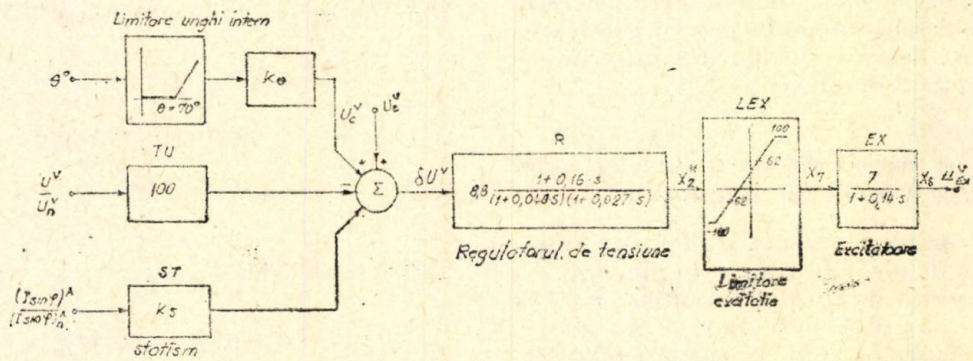


Fig. 2. Schema SRAE la grupurile de 315 MW — Işalnița.

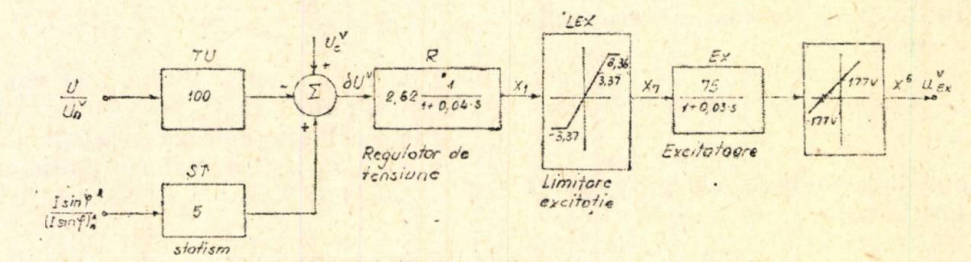


Fig. 3. Schema SRAE la grupurile de 330 MW — Rovinari și Turceni.

Coeficientul de statism K_s, poate lua valorile (0...8)%. În prezent se funcționează cu $K_s = 4\%$.

2.3. SRAE la grupurile de 330 MW — Rovinari + Turceni

Datele principale ale grupului generator sînt următoarele:

$S_n = 388$ MVA, $U_n = 24$ kV, $\cos\varphi_n = 0{,}85$, $I_n = 9345$ A,

iar în valori absolute:

$$K = \frac{\Delta U_E^V}{\Delta U^{kV}} = 818{,}75 \text{ } V_{ex}/\text{kV borne.}$$

Referitor la modul de funcționare a blocul de limitare a excitației, se fac următoarele precizări:

dacă: $I_E < 2I_{En}$ (5220 A) și $-3{,}37 < X_1 < 8{,}36$ V, $X_7 = X_1$

lacă : $I_E < 2I_{En}$ și $X_1 \geqslant 8{,}36$ V, $X_7 = 8{,}36$,

lacă : $I_E < 2I_{En}$ și $X_1 \leqslant -3{,}37$, $X_7 = -3{,}37$

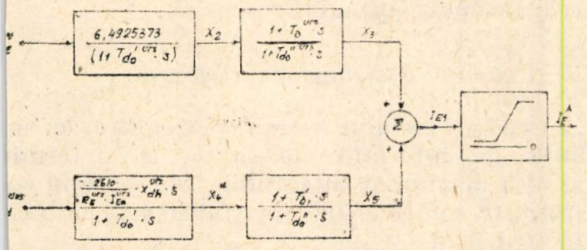
lacă : $I_E \geqslant 2I_{En}$, un timp $\Delta t < 4$s, $X_7 = 8{,}36$

lacă : $I_E \geqslant 2I_{En}$, un timp $\Delta t \geqslant 4$s, $X_7 = 3{,}37$

Deoarece blocul de limitare acționează în uncție de valoarea curentului de excitație, este ecesar să se exprime și relația acestuia, în uncție de parametrii generatorului și mărimile e intrare, u_E și I_d. Avînd în vedere că parametrii și I_d se cunosc exprimați în unități relative sistem (calculați cu mărimi de bază la nivelul sistemului), expresia curentului de excitație devine :

$$i_E^{\text{A}} = \frac{(1 + T_D \cdot s)}{(1 + T'_{do} \cdot s)(1 + T''_{do} \cdot s)} \cdot u_E^{\text{V}} \cdot \frac{I_{En}^{\text{A}}}{u_{En}^{\text{V}}} + \frac{(1 + T'_D \cdot s) X_{dh} \cdot s}{(1 + T'_{do} \cdot s)(1 + T''_{do} s)} \cdot \frac{2610 \cdot I_d^{\text{u.r.s.}}}{R_E^{\text{u.r.s.}} \cdot I_{\text{En}}^{\text{u.r.s.}}} \quad (1)$$

Avînd în vedere și faptul că $I_E \geqslant 0$, relației îi corespunde schema din figura 4.



ig. 4. Schema bloc a circuitului curentului de excitație. Grupurile de 330 MW.

Probleme de interfață generator-sistem

Calculul regimurilor sistemului energetic se ectuează utilizîndu-se parametrii și mărimile ariabile exprimate în unități relative sistem u.r.s.), adoptîndu-se în acest scop o putere apaentă de bază, S_b^{MVA}, și o tensiune de bază, U_b^{kV}. eoarece mărimile din regulator sînt exprimate unități absolute, este necesar ca la fiecare as mare de integrare să se transforme mărimile interfață din u.r.s. în unități absolute.

De asemenea, se menționează că la fiecare as mare de integrare, se cunosc din circulația putere mărimile de interfață (U, U_d, U_q, , I_q etc.) și ele se consideră constante pe un as de integrare.

Ecuațiile de funcționare ale SRAE, care se r prezenta în continuare, se includ în setul ecuații aferent fiecărui grup din nodul respectiv (ecuațiile generatorului + SRAE + RAV).

În figurile 1—4 sînt notate variabilele X_1 — X_7, ce intervin în ecuațiile diferențiale ale SRAE. Dacă variabila este notată în figură cu asterisc, se va înțelege că în ecuația diferențială intervine doar o componentă a variabilei și anume cea integrabilă.

4. Etapele de calcul al funcționării SRAE în regim tranzitoriu

Se vor prezenta în continuare etapele și relațiile de calcul al regimului tranzitoriu al SRAE de la cele trei tipodimensiuni de grupuri, folosindu-se un model unic.

Valorile parametrilor s-au determinat considerînd pozițiile actuale ale cheilor pe diverse canale :

— La grupurile de 200 MW Rovinari : $K_1(n_1) = 3{,}92$, $T_2(n_2) = 21$ s.

— La grupurile de 315 MW Işalnița : $K_s = 4$.

4.1. Regimul inițial

Din calculul circulației de putere la regimul inițial staționar, anterior perturbației, se cunosc mărimile la bornele fiecărui generator real sau echivalent (cînd sînt conectate la același nod mai multe grupuri de același tip) : $U_{(0)}^{\text{u.r.s.}}$, $P_{(0)}^{\text{u.r.s.}}$, $Q_{(0)}^{\text{u.r.s.}}$, $u_{E(0)}^{\text{u.r.s.}}$.

Se calculează valorile mărimilor în unități absolute :

— Tensiunea la borne : $U_{(0)}^{\text{kV}} = U_{(0)}^{\text{u.r.s.}} \cdot U_b^{\text{kV}}$ (2)

— Componenta reactivă a curentului :

$$(I \sin \varphi)^{\text{kAr}} = \frac{Q_{(0)}^{\text{u.r.s.}} \cdot S_b^{\text{MVA}}}{\sqrt{3} \cdot U_{(0)}^{\text{kV}} \cdot n}, \quad (3)$$

unde n reprezintă numărul de grupuri de același tip racordate în nod.

— Tensiunea de excitație : $u_{E(0)}^{\text{V}} = \frac{u_{E(0)}^{\text{u.r.s.}}}{u_{En}^{\text{u.r.s.}}} \cdot u_{En}^{\text{V}}$. (4)

— Unghiul de sarcină : $\text{tg}\,\theta_{(0)} =$

$$= \frac{P_{(0)}^{\text{u.r.s.}} \cdot X_q^{\text{u.r.s.}} - Q_{(0)}^{\text{u.r.s.}} \cdot R^{\text{u.r.s.}}}{U_{(0)}^{2\,\text{u.r.s.}} + P_{(0)} \cdot R + Q_{(0)} \cdot X_q}, \quad (5)$$

de unde : $\theta_{(0)}^{\text{rad}} = \text{arc} \cdot \text{tg}\,\theta_{(0)}$, respectiv :

$$\theta_{(0)}^{0} = \frac{180}{\pi} \theta_{(0)}^{\text{rad}}. \quad (6)$$

— Tensiunea de consemn, care în forma generală, pe baza schemelor din figurile 1—3, rezultă :

$$U_c^{\text{V}} = \frac{u_{E(0)}^{\text{V}} - A_c}{B_c} + C_c \cdot U_{(0)}^{\text{kV}} - D_c (I \sin \varphi)_{(0)}^{\text{kV}} - K_\theta \cdot K_{(0)} \cdot (\theta_{(0)}^{0} - \theta_{max}^{0}). \quad (7)$$

Valorile constantelor din relația 7 sînt prezentate în tabelul 1, pentru fiecare tip de regulator.

— Tensiunea de intrare după sumator, $\delta U_{(0)}$, necesară la calculul valorilor inițiale ale variabilelor integrabile :

$$\delta U^{V}_{(0)} = U^{V}_{c} - C_c\, U^{kV}_{(0)} + D_c\, (I \sin\varphi)^{kA}_{(0)} +$$

$$+ K_\theta \cdot K_{(0)} \cdot [\theta^{0}_{(0)} - \theta^{0}_{max}] = \frac{u^{V}_{E(0)} - A_c}{B_c} \qquad (8)$$

Coeficientul K_0 din relațiile 7 și 8 poate lua valoarea 1 sau 0, după cum canalul de limitare de unghi intern de la grupurile de 315 MW este sau nu în funcțiune.

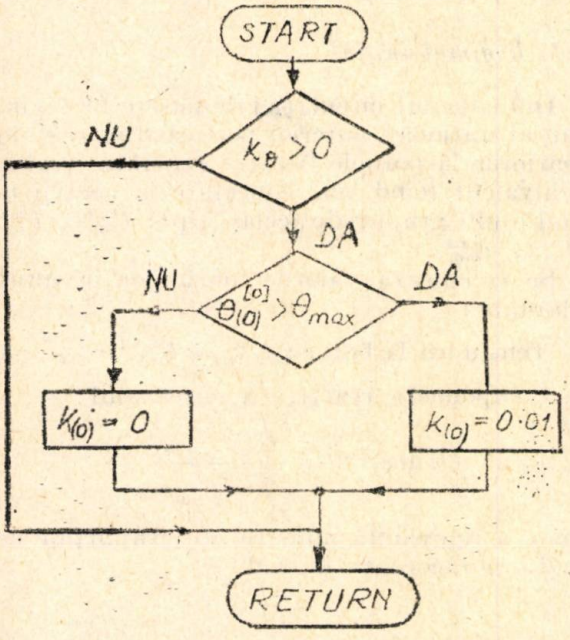


Fig. 5. Schema logică de determinare a lui K_0.

Valoarea lui $K_{(0)}$ se obține în funcție de va loarea lui $\theta_{(0)}$ față de θ_{max}, după schema logic din figura 5.

— Se verifică respectarea limitărilor pe parte de excitație. În acest scop se calculează măr mea :

$$U^{V}_{R(0)} = \frac{u^{V}_{E(0)} - A_R}{B_R}, \qquad (9$$

care se compară cu valorile limită ale tensiun de excitație după schema logică din figura În cazul în care la regimul inițial, care este in pus, se depășesc condițiile de limită, se adopt pentru limite valoarea realizată la regimul in țial.

4.2. Calculul mărimilor la începutul pasului ma de integrare

În timpul procesului tranzitoriu, la fieca interval de timp $\Delta t^{u.r.s.}$, se calculează circulaț de putere, din care rezultă mărimile de inte față generator-sistem, presupuse constante pe tru intervalul Δt.

Din aceste valori se determină : U^{kV}, $(I \sin\varphi)^{k}$ K, $\theta^{0}_{(0)}$, δU^{V}, utilizîndu-se relațiile 2, 3, 5, 6, 8 schema logică din figura 5, cu mărimile curen de la începutul pasului respectiv.

4.3. Calculul variabilelor integrabile

În cadrul pasului mare de integrare, cu m rimile de interfață constante, se determi variația mărimilor integrabile, obținute în co formitate cu funcțiile de transfer și notați din figurile 1—4.

Ecuațiile diferențiale ce se integrează în c drul unor pași mici de timp se prezintă în rel țiile matriceale (10), iar valorile parametril din matrice sînt prezentate în tabelul 1.

$$\begin{array}{|c|} \hline \dfrac{dx_1}{dt} \\ \hline \dfrac{dx_2}{dt} \\ \hline \dfrac{dx_3}{dt} \\ \hline \dfrac{dx_4}{dt} \\ \hline \dfrac{dx_5}{dt} \\ \hline \dfrac{dx_6}{dt} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|ccccccc|} \hline (x_1) & (x_2) & (x_3) & (x_4) & (x_5) & (x_6) & (x_7) \\ \hline A_{11} & & & & & & \\ \hline A_{21} & A_{22} & & & & A_{26} & \\ \hline A_{31} & A_{32} & A_{33} & & & A_{36} & \\ \hline & & & A_{44} & & & \\ \hline & & & A_{54} & A_{55} & & \\ \hline & & & & & A_{66} & A_{67} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline x_1 \\ \hline x_2 \\ \hline x_3 \\ \hline x_4 \\ \hline x_5 \\ \hline x_6 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|ccc|} \hline (U) & (I_d) & (1) \\ \hline B_{11} & & \\ \hline B_{21} & & \\ \hline B_{31} & & \\ \hline & B_{42} & \\ \hline & B_{52} & \\ \hline & & B_{63} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline U \\ \hline I_d^{u.r} \\ \hline 1 \\ \hline \end{array}$$

Valorile coeficienților din modelul matematic

Simbolul mărimii în modelul general		N (nr. nod)	$U_{Env}^{[V]}$	K_θ	$\theta_{max}^{[0]}$	A_c	B_c	C_c	D_c	A_R	B_R	$U_{Rmax}^{[V]}$	$U_{Rmin}^{[V]}$	A_{11}	B_{11}	A_{21}
Valoarea mărimii pentru grupul și nodurile	Grupul 330 MW Nod : 7+8+9	7, 8, 9	402	0	0	177	196,5	4,166666	1,016901	177	75	8,36	−3,37	−25	65,5	0
	Grup 315 MW Nod : 4+5	4,5	430	1-cînd canalul de unghi funcționează 0-cînd nu funcționează	70	432	61,6	4,1666666	0,8531	0	7	100	−100	−20,83333	183,333333	−182,4417
	Grup 200 MW Nod : 10	10	310	0	0	260	235,16121	3,333333	1,049355	0	1	560	−40	−0,047619	0,186595	−48,20625

A_{22}	A_{26}	B_{21}	A_{31}	A_{32}	A_{33}	A_{36}	B_{31}	A_{44}	B_{42}	A_{54}	A_{55}
$-\frac{314}{T_{do}^{[u.r.s.]}}$	$\frac{2038,6567}{T'_{do}}$	0	0	$\frac{314\left(1-\frac{T_o}{T'_{do}}\right)}{T''_{do}}$	$-\frac{314}{T''_{do}}$	$\frac{2038,6567\ T_o}{T'_{do}\cdot T''_{do}}$	0	$-\frac{314}{T'_{do}}$	$-\frac{314\cdot 2610\ X_{dh}}{R_{ElEn}^{u.r.s.}\ T'^2_{do}}$	$\frac{314\left(1-\frac{T'_o}{T'_{do}}\right)}{T''_{do}}$	$-\frac{314}{T''_{do}}$
37,037037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
−15,625	0	−0,071986	453,978378	94,594594	−2,702702	0	0,6779258	0	0	0	0

	B_{52}	A_{66}	A_{67}	B_{63}	A_{10}	A_{20}	B_{20}	A_{30}	B_{30}	A_{40}	A_{70}	B_{70}	$I_{Emax}^{[A]}$
Grup 330 MW	$\frac{314\cdot 2610\ X_{dh}\cdot\left(1-\frac{T'_o}{T''_{do}}\right)}{R_{iEn}T'_{do}T''_{do}}$	−33,3333	2500	5900	2,62	1275,7835	1149,1791	1275,7835	1149,1791	$-\frac{2610\times X_{dh}^{u.s.r.}}{R_{ElEn}^{u.r.s}\ T_{do}^{u.r.s.}}$	2,62	0	5220
Grup 315 MW	0	−7,142857	50	0	8,8	−43,348147	0	0	0	0	8,8	61,714285	0
Grup 200 MW	0	0	0	0	3,918506	−12,093992	0	235,16121	0	0	0	0	0

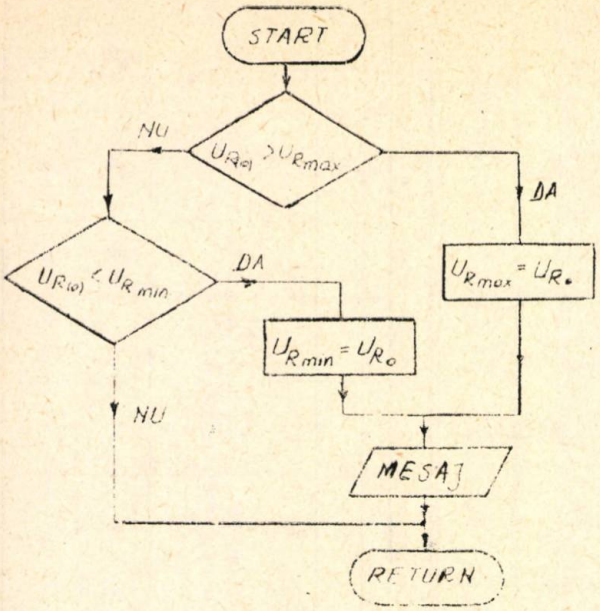


Fig. 6. Schema logică pentru verificarea condițiilor de limită la u_E în regimul inițial.

Valorile inițiale staționare ale variabilelor, rezultă din schemele SRAE și au expresiile:

$$X_{1(0)} = A10 \cdot \delta U^{V}_{(0)}\,;\; X_{2(0)} = A20 \cdot \delta U^{V}_{(0)} + B20$$

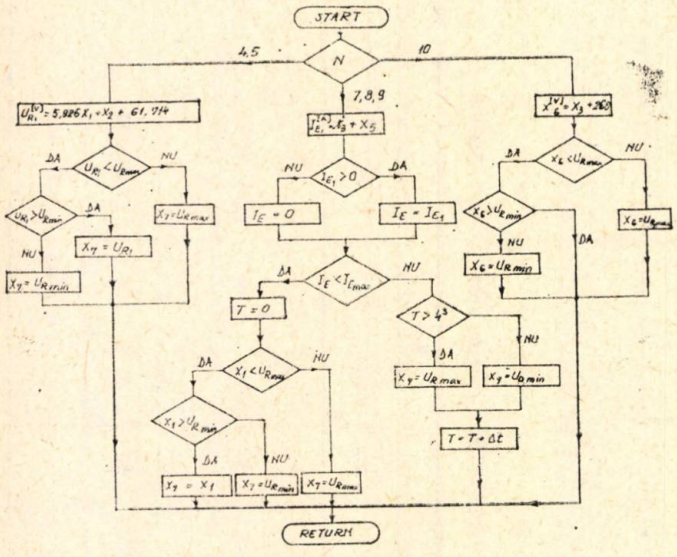


Fig. 7. Schema logică de verificare a limitărilor.

$$X_{3(0)} = A30 \cdot \delta U^{V}_{(0)} + B30\,;\; X_{4(0)} = A40 \cdot I^{u.r.}_{d(0)}$$

$$X_{5(0)} = 0 \qquad (11$$

$$X_{6(0)} = u^{V}_{E(0)}\,;\; X_{7(0)} = A70 \cdot \delta U^{V}_{(0)} + B70$$

Valorile coeficienților sînt prezentate în ta belul 1.

4.4. Verificarea limitărilor în cadrul pașilor mi de integrare

Limitările care apar în schemele SRAE verifică în cadrul fiecărui pas mic de integrar Schema logică a verificării limitărilor la ce trei tipodimensiuni de grupuri este prezenta în figura 7.

5. Concluzii

Gruparea variabilelor aferente SRAE pentr cele trei tipodimensiuni de grupuri identifica experimental, a condus la realizarea unui mod matematic unic, implementat în programele calcul pentru analiza stabilității, obținîndu- în acest fel o reducere a timpului de calcul și memoriei interne utilizate.

Bibliografie

[1] Cristea, H., Fecioru, I., Nichita, N., Dr gomir, T., Preitl, Șt., Mătăsariu, P.: *Str tura sistemelor de reglare a tensiunii aferente centrale din zonă*. Contract de cercetare științifică I.P. Trai Vuia — Timișoara — Porțile de Fier, nr. 33/78; Crit îmbunătățite privind reglajul tensiunii și puterii react în sistemul electroenergetic, cu aplicații concrete îmbunătățirea reglajului de tensiune în nodul Porțile Fier. Faza I, 1978, vol. 3.

[2] Cristea, H. și colectivul, Dragomir, și colectivul în colaborare cu I. București, I.E. Porțile de Fier, IE R vinari, IE Iș alnița și IS Electrotehni *Identificarea sistemelor de reglare aferente grupurilor zonă*. Contract de cercetare științifică I. P. Timișoara Porțile de Fier, nr. 33/78; Criterii îmbunătățite priv reglajul tensiunii și puterii reactive în sistemul electr nergetic cu aplicații concrete la îmbunătățirea reglaj de tensiune în nodul Porțile de Fier. Faza a I 1978, vol. 2.

(Primit la 20 decembrie 1982, acceptat la 8 ianuarie 1983)

Impedance Protection Structure Modelling Characteristics Described in Fourth Degree Equations in the Impedance (Admittance) Plane

(Condensed from the Paper in Romanian)

St. Popescu, D. Sc., Lecturer

General considerations

Since the exigencies in energy grow higher, the mathematical equations describing different measurement characteristics in the plane Z become more complicated and more difficult to be modelled physically.

The classical modelling methods applied so far worldwide use mathematical equations of not more than the second degree in the impedance plane.

By using a calculation artifice — using conicals with a focus in the origin — and by applying a new modellation method — the addition method — the possbility to easily perform a modellation of some fourth degree characterisics in R and X is given.

As an application example of the modellation method we indicate the general equation of a generalized conical written in Carthesian coordinates in the plane Z (relation 2) which by multiplication with the current square leads to relation (3) where U_r, (U) and $P(Q)$ represent the active (reactive) voltage and the active (reactive) power of the circuit. The block modellation diagram of relation (3) is presented in Fig. 1. The protection operation (blockage) is determined by the logical signal (0 or 1) elaborated by the zero detecting accumulator A. The constitutive elements of the block diagram from Fig. 1 are easily achievable by integrated circuits operational amplifiers.

1. Modellation of charaeteristics deriving from conicals with a focus in the origin of plane Z

The equation of this conical written in polar coordinates is given by relation (4) and it can be put in the shape of equation (5) which by multiplication with current I acquires the shape (6).

The modellation factors K_R, K_X and K_{OZ} ar given by relations $(7)_{1 \ldots 3}$ where :

p is the conical's parameter
e — the conical eccentricity
ψ — the inclination angle of the large axis

The conical's nature is determined by the value of factor e, i.e. $e \gtreqless 1$ implicating : an ellypsis, a parabola or a hyperbola. From relations $(8)_1$ and $(8)_2$ one observes that the modifications of the modellation factors K_r and K_X leads to the modification of the conical's type as well as of its axis' inclination.

Using similarly the modellation scheme from Fig. 2, it is possible to achieve all the characteristics from Table 1 only by modifying the resistances of some potentiometers.

2. Modellation of characteristics deriving from conicals with a focus in the origin of plane

Likewise, the respective conical's equation is given by relation (8) which can be shaped as (10) — its terms being given by relation $(11)_{1 \ldots 5}$ and which by multiplication with voltage U acquires the shape (12).

Through the inversion of relation (9) one obtains relation (13) which describes special fourth degree curves in plane Z (see Table 2), i.e. $e \gtreqless 1$ implicating : a conchoid, a cardioid or a limaçon.

Thus, by similitude with those shown above, by using the modellation factors K_G, K_B and K_{OY} all the characteristics synthesized in Table 2 are obtained.

3. Modellation of new impedance protection systems

The synthesis of a complete impedance protection scheme using the above described characteristics combined by logical adequate schemes is exemplified in Table 3.

Structuri de protecţii de impedanţă modelînd caracteristici descrise de ecuaţii de gradul patru în planul impedanţei (admitanţei)

Dr. ing. St. Popescu*

Considerații generale

Aprecierea calității unei protecții de impedanță din punctul de vedere al caracteristicii funcționale în planul Z se face, în principal, pe baza unor criterii de performanță bine cunoscute și anume, comportarea satisfăcătoare a protecției respective la pendulații, defecte cu arc și suprasarcini. În acest sens, pe măsura creșterii exigențelor energetice, ecuațiile matematice care descriu diversele caracteristici de măsurare în planul Z capătă forme topologice mai complicate, deci devin mai dificil de modelat fizic.

Pînă în prezent, folosind metodele clasice (comparația de amplitudini și comparația de fază) s-a reușit să se modeleze fizic ecuații de cel mult gradul doi în planul impedanței; în cele ce urmează se va arăta posibilitatea modelării unor caracteristici de gradul patru în R și X [1].

Metoda de modelare folosită [2] se bazează pe însumarea algebrică a unor combinații elementare $C_i(U, I, \varphi)$, care definește în planul Z o caracteristică limită de măsurare în cazul anulării combinației respective :

$$C_o(U, I, \varphi) = \sum_{i=1}^{k} C_i(U, I, \varphi) = 0 \Rightarrow Z_m = Z_R \quad (1)$$

* Dr. ing. Stelian Popescu este conferențiar la Facultatea de Automatică — I. P. București.

respectiv impedanța măsurată Z_m este egală cu cea reglată.

Condițiile :

$$C_o(U,\ I,\ \varphi) \gtrless 0 \Rightarrow Z_m \lesseqgtr Z_R \qquad (1')$$

definesc situațiile de funcționare sau blocare ale protecției.

De exemplu, ecuația generală a unei conice oarecare, scrisă în coordonate carteziene în planul Z este dată de relația :

$$a_{11}R^2 + 2a_{12}RX + a_{22}X^2 + \\ + 2a_{13}R + 2a_{23}X + a_{33} = 0. \qquad (2)$$

Prin înmulțire cu pătratul curentului măsurat (I^2), ținînd seama de faptul că

$$RI = U_a;\ XI = U_r;\ RI^2 = P;\ XI^2 = Q$$

și notînd :

$$a_{11} = K_R;\ 2a_{12} = K_{RX};\ a_{22} = K_X;$$

$$2a_{13} = K_P;\ 2a_{23} = K_q;\ a_{33} = K_{OZ}$$

se obține relația de modelare fizică a unei conice oarecare ;

$$C_0 = K_R \cdot U_a^2 + K_{RX}\ U_r \cdot U_a + K_X U_r^2 + K_p \cdot P + \\ + K_q \cdot Q + K_{OZ} \cdot I^2 = 0. \qquad (3)$$

Schema bloc de modelare a acestei relații este prezentată în figura 1 și cuprinde următoarele subelemente :

— Subelementele de multiplicare activă $Xa1$ și $Xa2$ care permit obținerea tensiunii active U_a și respectiv a tensiunii reactive

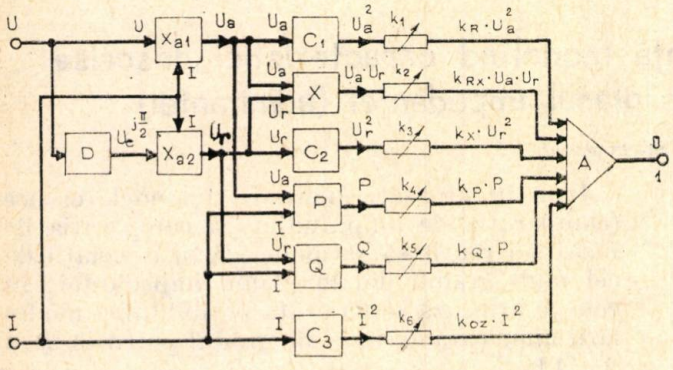


Fig. 1.

U_r, utilizînd în acest ultim caz și elementul defazor D ($e^{j\frac{\pi}{2}}$).

— Subelementele cuadratoare C_1, C_2 și C_3 care realizează termenii U_a^2, U_r^2 și respectiv I^2.

— Subelementul multiplicator X prin care se obține termenul $U_a \cdot U_r$.

— Subelementele de putere activă P și respectiv de putere reactivă Q prin care se modelează termenii $P(U_a \cdot I)$ și $Q(U_r \cdot I)$.

— Subelementele $K1 \ldots K6$ de multiplicare (reducere) a mărimilor obținute cu factorii de modelare (K_R, $K_{RX} \ldots$), subelemente care permit modificarea ca mărime și poziție în planul Z a caracteristicilor respective.

— Amplificatorul sumator A detector de zero primește la intrare cele șase mărimi și elaborează la ieșire un semnal logic (0 sau 1), în funcție de semnul sumei termenilor respectivi ($Co < 0$ sau $Co > 0$).

În acest mod se obține un semnal de acționare sau neacționare (blocare) a protecției.

Subelementele descrise mai sus sînt în principiu amplificatoare operaționale cu circuit integrate sau alte tipuri de circuite electronice specializate (de exemplu detectoare în inel sau circuite cu porți cu tranzistoare), a căror realizare practică prezintă o simplă problemă de rutină.

1. Modelarea caracteristicilor derivînd din conice cu focarul în originea planului Z

Utilizarea unei caracteristici conice cu focarul în originea planului Z simplifică considerabil ecuația de modelare, precum și schema sistemului fizic de modelare. În acest scop folosește ecuația unei conice cu focar în originea planului Z scrisă în coordonate polare* :

$$Z = \frac{p}{\cos(\varphi - \psi)}, \qquad (4)$$

în care : p este parametrul conicei ;
e — excentricitatea conicei ;
ψ — unghiul de înclinare al axei mari.

Relația (4) poate fi pusă sub forma ecuație implicite ** :

$$Z - K_R \cdot R - K_X \cdot X - K_{OZ} = 0, \qquad (5$$

care prin înmulțire cu curentul I capătă forma

$$U - K_R \cdot U_a - K_X U_r - K_{OZ} I = 0, \qquad (6$$

în care s-a notat :

$$K_R = e \cos \psi \qquad (7.1$$

$$K_X = e \sin \psi \qquad (7.2$$

$$K_{OZ} = p \qquad (7.3$$

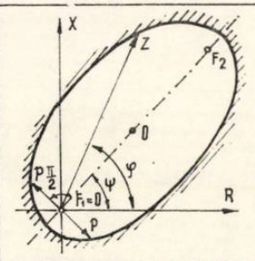
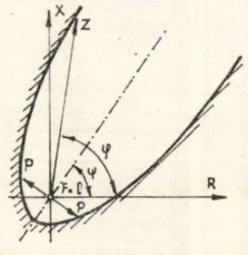
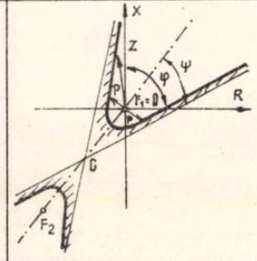
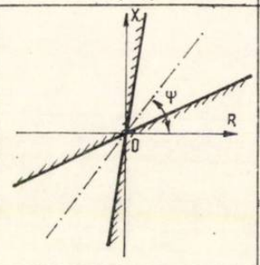
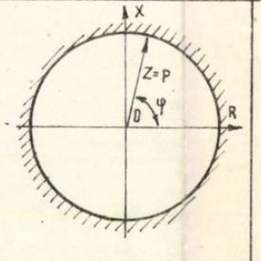
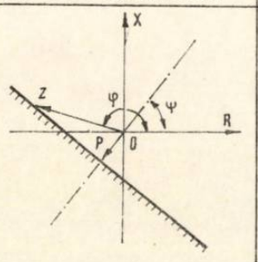
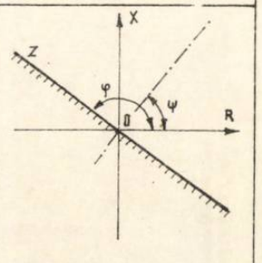
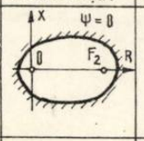
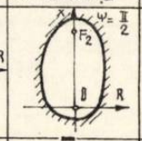
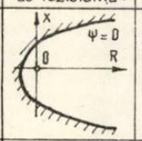
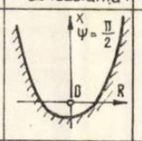
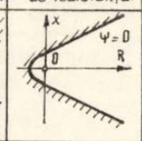
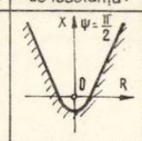
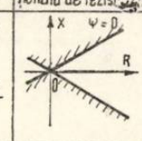
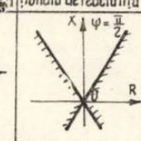
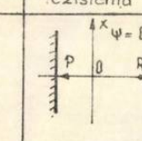
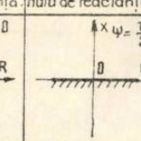
* Se putea folosi și ecuația generală a conicilor prezentată mai sus impunînd condițiile de poziție în planul Z, însă metoda este mai laborioasă.

** Se observă că este o ecuație hibridă avînd ca variabile pe R, X și $Z(Z = R + jX)$: aparent de gradul 1, ecuația este de fapt de gradul 2 în R și X.

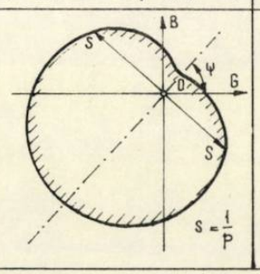
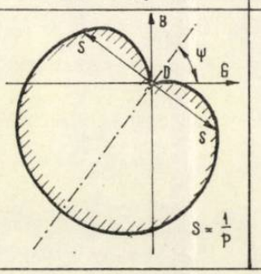
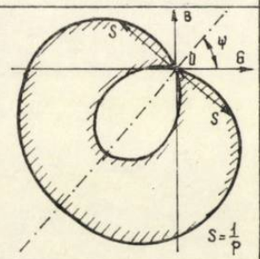
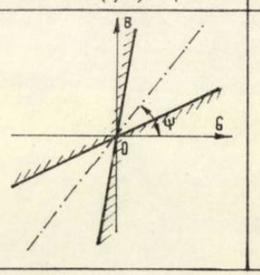
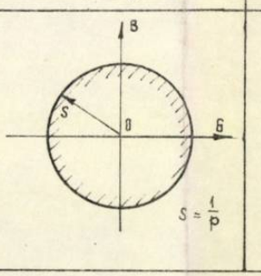
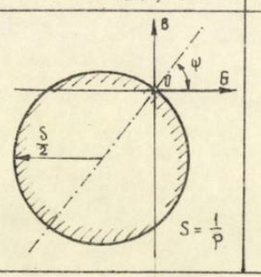
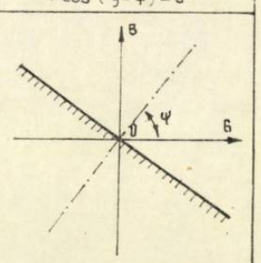
CARACTERISTICI CONICE CU FOCAR ÎN ORIGINEA PLANULUI IMPEDANȚEI

(INCLUSIV CARACTERISTICI DEGENERATE)

DEFINIREA ÎN PLANUL Z

			Elipsă cu focar în origine	Parabolă cu focar în origine	Hiperbolă cu focar în origine	Drepte concurente în origină	Cercul cu centru în origine	Dreaptă generalizată	Dreaptă trecînd prin origine
DENUMIREA CARACTERISTICII	DENUMIREA ANALITICĂ		Elipsă cu focar în origine	Parabolă cu focar în origine	Hiperbolă cu focar în origine	Drepte concurente în origină	Cercul cu centru în origine	Dreaptă generalizată	Dreaptă trecînd prin origine
	DENUMIREA CONVENȚIONALĂ	ACTUALĂ	~ elipsei de impedanță particulară	—	—	—	~ de impedanță	~ de impedanță mixtă	~ de putere mixtă
		PROPUSĂ	~ eliptică focală de impedanță	~ parabolice, focale de impedanță	~ hiperbolică, focală de impedanță	~ dublu liniare, direcționale de impedanță.	~ circulară, centrală de impedanță	~ liniară de impedanță	~ liniară, direcțională de impedanță.
ECUAȚIA ANALITICĂ	COORDONATE POLARE		$Z = \frac{K(1-e^2)}{1-e\cdot\cos(\varphi-\psi)}$; $e<1$	$Z = \frac{P}{1-\cos(\varphi-\psi)}$	$Z = \frac{K(e^2-1)}{1-e\cdot\cos(\varphi-\psi)}$; $e>1$	$Z[1-e\cdot\cos(\varphi-\psi)]=0$; $e>1$	$Z = P$	$Z = \frac{P}{-\cos(\varphi-\psi)}$; $p\neq 0$	$Z\cos(\varphi-\psi)=0$;
	COORDONATE HIBRIDE		$Z-K_R R-R-K_x X-K_{oz}=0$ $K_R=e\cdot\cos\psi$; $K_x=e\cdot\sin\psi$; $K_{oz}=p=K(1-e^2)$	$Z-K_R R-K_x X-K_{oz}=0$ $K_R=\cos\psi$; $K_x=\sin\psi$; $K_{oz}=P$	$Z-K_R R-K_x X-K_{oz}=0$ $K_R=B\cos\psi$; $K_x=e\sin\psi$; $K_{oz}=p=K(e^2-1)$	$Z-K_R R-K_x X=0$ $K_R=e\cdot\cos\psi$; $K_x=e\cdot\sin\psi$	$Z-K_{oz}=0$; $K_{oz}=P$	$K_R R+K_x X+K_{oz}=0$ $K_R=\cos\psi$; $K_x=\sin\psi$; $K_{oz}=R$	$K_R R+K_x X=0$; $\frac{K_x}{K_R}=tg\psi$ $K_R=\cos\psi$; $K_x=\sin\psi$; $\frac{K_x}{K_R}=tg\psi$
FORMA TOPOLOGICĂ									
RELAȚIA DE MODELARE ELECTRICĂ	FORMA GENERALĂ		$U-K_R U_a-K_x U_r-K_{oz}\cdot I=0$	$U-K_R U_a-K_x U_r-K_{oz} I=0$	$U-K_R U_a-K_x U_r-K_{oz} I=0$	$U-K_R U_a-K_x U_r=0$	$U-K_{oz} I=0$	$K_R U_a+K_x U_r+K_{oz} I=0$	$K_R U_a+K_x U_r=0$
	CONDIȚII SPECIALE		$K_{oz}\neq 0$; $K_R^2+K_x^2<1$	$K_{oz}\neq 0$; $K_R^2+K_x^2=1$	$K_{oz}\neq 0$; $K_R^2+K_x^2>1$	$K_R^2+K_x^2>1$	$K_{oz}\neq 0$	$K_R\neq 0$; $K_x\neq 0$; $K_{oz}\neq 0$	$K_R\neq 0$; $K_x\neq 0$
CAZ PARTICULAR DE POZIȚIE	DENUMIREA CONVENȚIONALĂ	ACTUALĂ	~ elipsă de rezistență (conductanță) particulară	~ elipsă de reactanță (susceptanță) particulară	—	—	—	—	—
		PROPUSĂ	~ eliptică focală de rezistență.	~ eliptică focală de reactanță	~ parabolică, focală de rezistență.	~ parabolică, focală de reactanță.	~ hiperbolică, focală de rezistență.	~ hiperbolică focală de reactanță.	~ dublu liniară, direcțională de rezistență.	~ dublu liniară, direcțională de reactanță.	—	—	~ de rezistență	~ de reactanță	~ de putere activă	~ de putere reactivă
													~ liniară de rezistență	~ liniară de reactanță	~ liniară, direcțională de rezistență.	~ liniară, direcțională de reactanță.
	FORMA TOPOLOGICĂ										—	—				
	RELAȚIA DE MODELARE ELECTRICĂ	FORME GENERALE	$U-K_R U_a-K_{oz} I=0$	$U-K_x U_r-K_{oz} I=0$	$U-U_a-K_{oz} I=0$	$U-U_r-K_{oz} I=0$	$U-K_R U_a-K_{oz} I=0$	$U-K_x U_r K_{oz} I=0$	$U-K_R U_a=0$	$U-K_x U_r=0$	—	—	$K_R U_a+K_{oz} I=0$	$K_x U_r+K_{oz} I=0$	$U_a=0$	$U_r=0$
		CONDIȚII SPECIALE	$K_{oz}\neq 0$; $K_R=e<1$	$K_{oz}\neq 0$; $K_x=e<1$	$K_{oz}\neq 0$	$K_{oz}\neq 0$	$K_{oz}\neq 0$; $K_R=e>1$	$K_{oz}\neq 0$; $K_x=e>1$	$K_R=e>1$	$K_x=e>1$	—	—	$K_R\neq 0$; $K_{oz}\neq 0$	$K_x\neq 0$; $K_{oz}\neq 0$	—	—

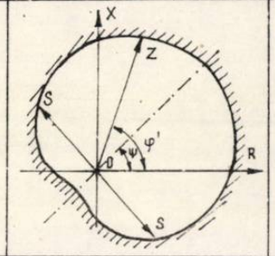
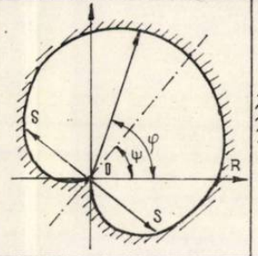
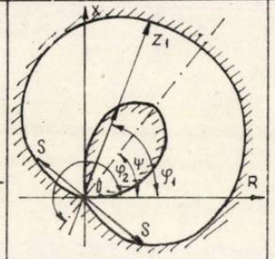
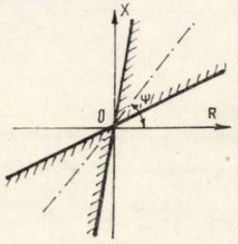
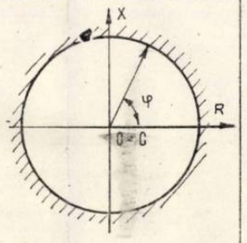
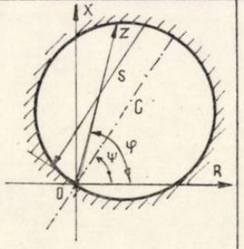
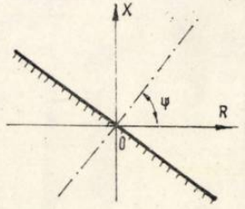
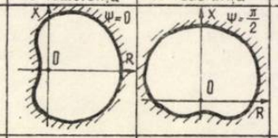
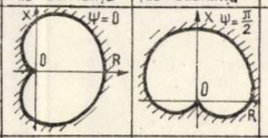
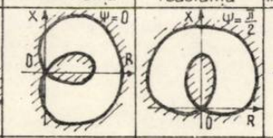
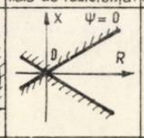
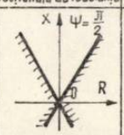
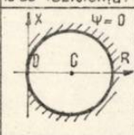
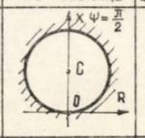
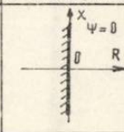
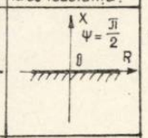
DEFINIREA ÎN PLANUL Y

DENUMIREA ANALITICA A CARACTERISTICEI			Concoida cercului	Cardioidă	Melcul lui Pascal	Drepte concurente în origine	Cerc cu centru în origine	Cerc ce trece prin origine	Dreaptă ce trece prin origine
ECUAȚIA ANALITICĂ ÎN COORDONATE POLARE			$Y=S[1-e\cdot\cos(\varphi-\psi)]$; $e<1$	$Y=S[1-\cos(\varphi-\psi)]$	$Y=S[1-e\cdot\cos(\varphi-\psi)]$; $e>1$	$Y[1-e\cdot\cos(\varphi-\psi)]=0$; $e>1$	$Y=S$	$Y=-S\cos(\varphi-\psi)$	$Y\cos(\varphi-\psi)=0$
FORMA TOPOLOGICĂ									

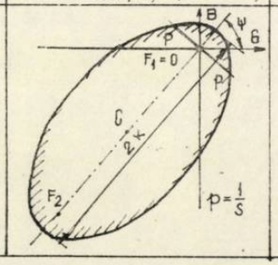
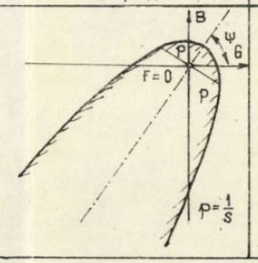
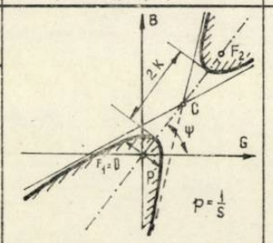
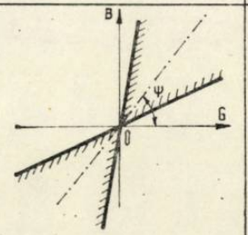
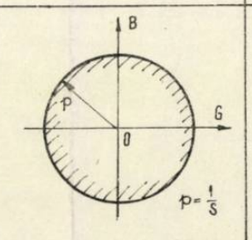
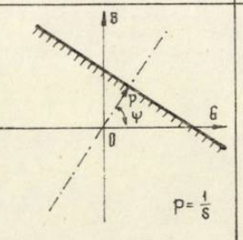
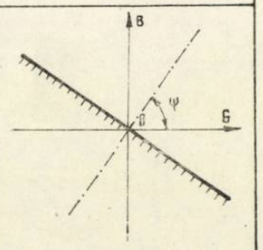
CARACTERISTICI CONICE CU FOCAR ÎN ORIGINEA PLANULUI ADMITANȚEI

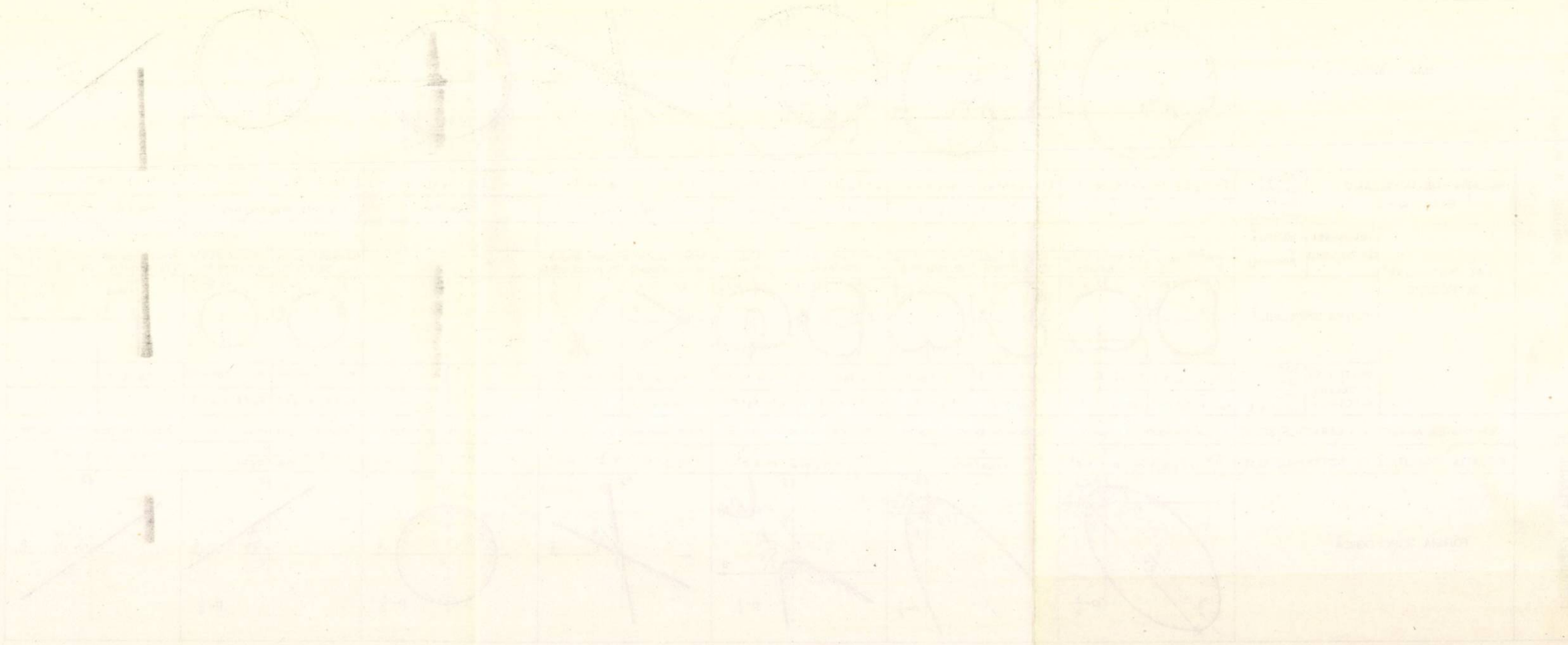
(INCLUSIV CARACTERISTICI DEGENERATE)

DEFINIREA ÎN PLANUL Z

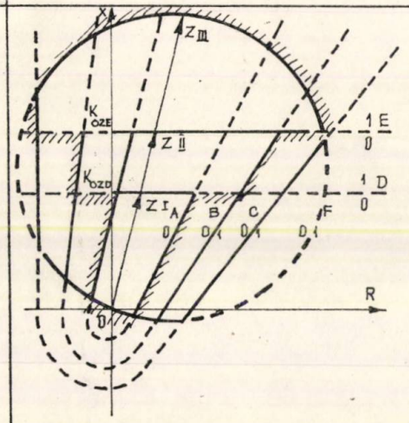
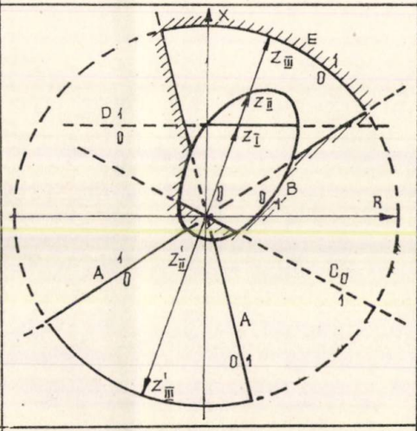
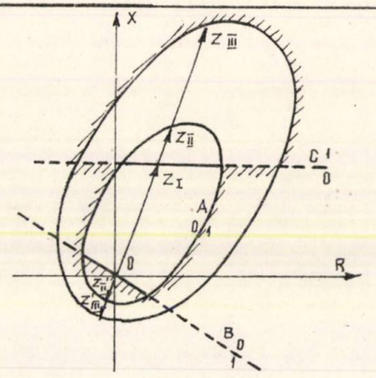
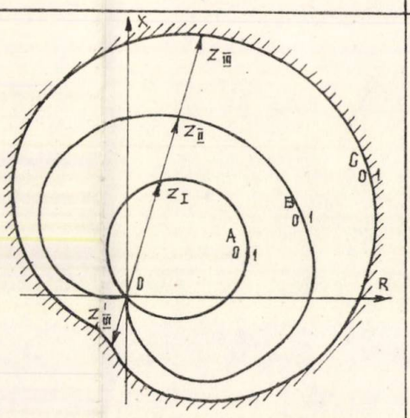
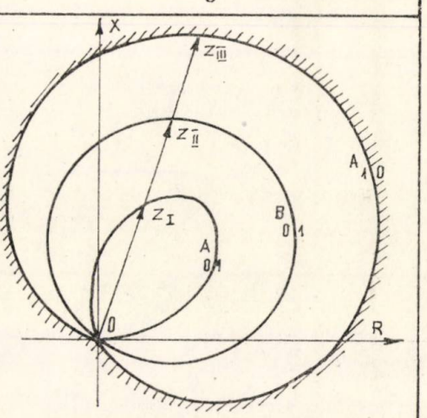
			Concoida cercului	Cardioidă	Melcul lui Pascal	Drepte concurente în origină	Cerc cu centru în origină	Cerc ce trece prin origină	Dreapta ce trece prin origină
DENUMIREA CARACTERISTICII	DENUMIREA ANALITICĂ		Concoida cercului	Cardioidă	Melcul lui Pascal	Drepte concurente în origină	Cerc cu centru în origină	Cerc ce trece prin origină	Dreapta ce trece prin origină
	DENUMIREA CONVENȚIONALĂ	ACTUALĂ	—	—	—	—	~ de impedanță	~ admitanță mixte (MHO)	~ de putere mixtă
		PROPUSĂ	~ concoidă, focală de impedanță	~ cardioidă, focală de impedanță	~ melc, focal de impedanță	~ liniară dublă, direcțională de impedanță	~ circulară centrată de impedanță	~ circulară direcțională de impedanță	~ liniară, direcțională de impedanță
ECUAȚIA ANALITICĂ	COORDONATE POLARE		$Z = S[1+e\cdot\cos(\varphi-\psi)]$; $e<1$	$Z = S[1+\cos(\varphi-\psi)]$	$Z = S[1+e\cdot\cos(\varphi-\psi)]$; $e>1$	$Z[1+e\cdot\cos(\varphi-\psi)]=0$; $e>1$	$Z = S$	$Z = S\cdot\cos(\varphi-\psi)$; $S\neq 0$	$Z\cos(\varphi-\psi) = 0$
	COORDONATE HIBRIDE		$Y+K_G G+K_B B-K_{OY}=0$; $K_G=e\cdot\cos\psi$; $K_B=e\sin\psi$; $K_{OY}=S=\frac{p}{p}=K\alpha$	$Y+K_G G+K_B B-K_{OY}=0$; $K_G=\cos\psi$; $K_B=\sin\psi$; $K_{OY}=S=\frac{1}{e}$	$Y+K_G G+K_B B-K_{OY}=0$; $K_G=e\cdot\cos\psi$; $K_B=e\sin\psi$; $K_{OY}=S=\frac{1}{p}$	$Y+K_G G+K_B B=0$; $K_G=e\cdot\cos\psi$; $K_B=e\cdot\sin\psi$	$Y-K_{OY}=0$; $K_{OY}=S=\frac{1}{p}$	$K_G G+K_B B-K_{OY}=0$; $K_G=S\cos\psi$; $K_B=S\sin\psi$; $K_{OY}=S$	$K_G G+K_B B=0$; $K_G=\cos\psi$; $K_B=\sin\psi$
FORMA TOPOLOGICĂ									
RELAȚIA DE MODELARE ELECTRICĂ	FORMA GENERALĂ		$I+K_G I_a+K_a I_r-K_{OY}U=0$	$I+K_G I_a+K_B I_r-K_{OY}U=0$	$I+K_G G+K_B I_r-K_{OY}U=0$	$I+K_G I_a+K_B I_r=0$	$I-K_{OY}U=0$	$K_G I_a+K_B I_r-K_{OY}U=0$	$K_G I_a+K_B I_r=0$
	CONDIȚII SPECIALE		$K_{OY}\neq 0$; $K_G^2+K_B^2<1$	$K_{OY}\neq 0$; $K_G^2+K_B^2=1$	$K_{OY}\neq G$; $K_G^2+K_B^2>1$	$K_G^2+K_B^2>1$	$K_{OY}\neq 0$	$K_G\neq 0$; $K_B\neq 0$ $K_{OY}\neq 0$	$K_G\neq 0$; $K_B\neq 0$
CAZ PARTICULAR DE POZIȚIE	DENUMIREA CONVENȚIONALĂ	ACTUALĂ	—	—	—	—	—	—	~ de conductanță	~ de susceptanță	~ putere activă	~ putere reactivă
		PROPUSĂ	~ concoidă, focală de rezistență	~ concoidă, focală de reactanță	~ cardioidă, focală de rezistență	~ cardioidă focală de reactanță	~ melc, focal de rezistență	~ melc, focal de reactanță	~ liniară dublu direcțională de rezistență	~ liniară, dublu direcțională de reactanță	—	—	~ circulară, direcționale de rezistență	~ circulară, direcțională de reactanță	~ liniară, direcțională de rezistență	~ liniară, direcțională de reactanță
	FORMA TOPOLOGICĂ										—	—				
	RELAȚIA DE MODELARE ELECTRICĂ	FORME GENERALE	$I+K_G\cdot I_a-K_{OY}U=0$	$I+K_B\cdot I_r-K_{OY}U=0$	$I+I_a-K_{OY}U=0$	$I+I_r-K_{OY}\cdot U=0$	$I+K_G\cdot I_G-K_{OY}\cdot U=0$	$I+K_B\cdot I_r-K_{OY}\cdot U=0$	$I+K_G I_a=0$	$I+K_B I_r=0$	—	—	$K_G\cdot I_a-K_{OY}U=0$	$K_B\cdot I_r-K_{OY}\cdot U=0$	$I_a=0$	$I_r=0$
		CONDIȚII SPECIALE	$K_{OY}\neq 0$; $K_G=e<1$	$K_{OY}=0$; $K_B=e<1$	$K_{OY}\neq 0$	$K_{OY}\neq 0$	$K_{OY}\neq 0$; $K_G=e>1$	$K_{OY}\neq 0$; $K_B=e>1$	$K_G=e>1$	$K_B=e>1$	—	—	$K_G\neq 0$; $K_{OY}\neq 0$	$K_B\neq 0$; $K_{OY}\neq 0$	—	—

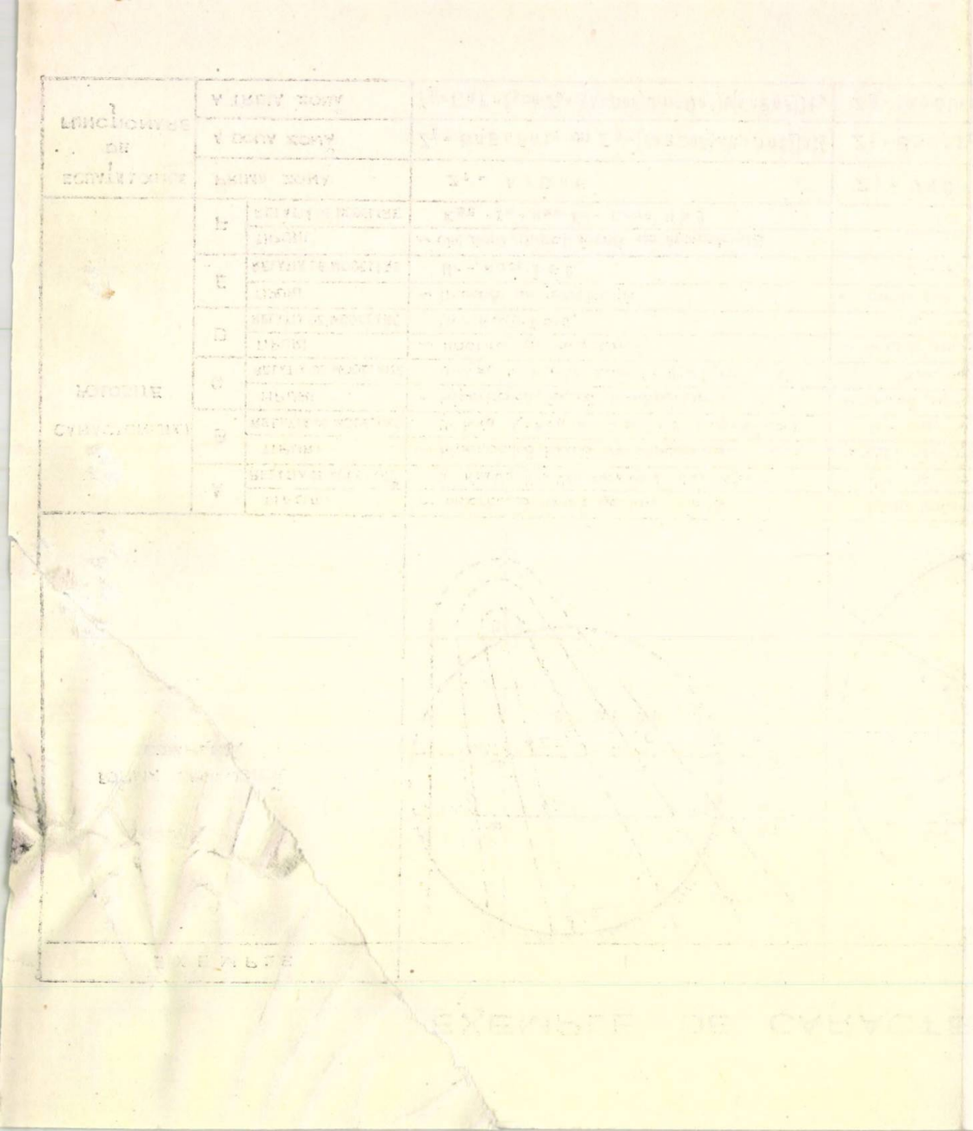
DEFINIREA ÎN PLANUL Y

DENUMIREA ANALITICĂ A CARACTERISTICEI		Elipsă cu focar în origină.	Parabola cu focar în origină.	Hiperbolă cu focar în origină.	Drepte concurente în origine.	Cerc cu centru în origine.	Dreapta generalizată	Dreapta ce trece prin origine.
ECUAȚIA ANALITICĂ ÎN COORDONATE POLARE		$Y=\frac{p}{1+e\cdot\cos(\varphi-\psi)}$; $e<1$; $p=K(1-e^2)$	$Y=\frac{p}{1+\cos(\varphi-\psi)}$	$Y=\frac{p}{1+e\cdot\cos(\varphi-\psi)}$; $e>1$; $p=K(e^2-1)$	$Y[1+e\cdot\cos(\varphi-\psi)]=0$; $e>1$	$Y=p$	$Y=\frac{p}{\cos(\varphi-\psi)}$	$Y\cos(\varphi-\psi)=0$
FORMA TOPOLOGICĂ								



EXEMPLE DE CARACTERISTICI COMPLETE FOLOSIND CONICE FOCALE

EXEMPLE			1	2	3	4	5
FORMA TOPOLOGICĂ COMPLETĂ							
CARACTERISTICI FOLOSITE	A	TIPURI	~ hiperbolică, focală de impedanță	~ dublu liniară, direcțională de impedanță	~ eliptică, focală de impedanță	~ circulară, direcțională de impedanță	~ melc, focal de impedanță.
		RELAȚIA DE MODELARE	$U-K_{RA}U_a-K_{XA}U_r-K_{OZA}I\leq 0;\ K^2_{RA}+K^2_{XA}>1$	$U-K_{RA}U_a-K_{XA}U_r\leq 0;\ K^2_{RA}+K^2_{XA}>1$	$U-K_{RA}U_a-K_{XA}U_r-K_{OZA}I\leq 0;K^2_{RA}+K^2_{XA}<1$	$K_{GA}\cdot I_a+K_{BA}\cdot I_r-K_{OVA}\cdot U\geq 0$	$I+K_{GA}\cdot I_a+K_{BA}\cdot I_r=K_{OVA}\cdot U\geq 0;K^2_{GA}+K^2_{BA}>1$
	B	TIPURI	~ hiperbolică, focală de impedanță	~ eliptică, focală de impedanță	~ liniară, focală de impedanță	~ cardioidă, focală de impedanță	~ circular, direcțional de impedanță
		RELAȚIA DE MODELARE	$U-K_{RB}U_a-K_{XB}U_r-K_{OZB}\cdot I\leq 0;\ K^2_{RB}+K^2_{XB}>1$	$U-K_{RB}\cdot U_a-K_{XB}\cdot U_r-K_{OZB}\cdot I\leq 0;K^2_{RB}+K^2_{XB}<1$	$K_{RB}\cdot U_a+K_{XB}\cdot U_r\geq 0$	$I+K_{GB}\cdot I_a+K_{BB}\cdot I_r-K_{OVB}\cdot U\geq 0;K^2_{GB}+K^2_{BB}$	$K_{GB}\cdot I_a+K_{BB}\cdot I_c=K_{OVB}\cdot U\geq 0$
	C	TIPURI	~ hiperbolică, focală de impedanță	~ liniară, direcțională de impedanță	~ liniară de reactanță	~ concoida focală de impedanță.	—
		RELAȚIA DE MODELARE	$U-K_{RC}U_a-K_{XC}U_r-K_{OZC}\cdot I\leq 0;\ K^2_{RC}+K^2_{XC}>1$	$K_{RC}\cdot U_a+K_{XC}\cdot U_r\geq 0$	$U_r-K_{OZC}\cdot I\leq 0$	$I+K_{GC}\cdot I_a+K_{BC}\cdot I_r-K_{OYC}\cdot U\geq 0;\ K^2_{GC}+K^2_{BC}<1$	
	D	TIPURI	~ liniară de reactanță	~ liniară de reactanță	~ eliptică, focală de impedanță	—	—
		RELAȚIA DE MODELARE	$U_r-K_{OZD}\cdot I\leq 0$	$U_r-K_{OZD}\cdot I\leq 0$	$U-K_{RD}\cdot U_a-K_{XD}\cdot U_r-K_{OZD}I\leq 0;K^3_{RD}+K^2_{XD}<1$		
	E	TIPURI	~ liniară de reactanță	~ circulară, centrată de impedanță	—	—	—
		RELAȚIA DE MODELARE	$U_r-K_{OZE}\cdot I\leq 0$	$U-K_{OZE}\cdot I\leq 0$			
	F	TIPURI	~ circulară, direcțională de impedanță	—	—	—	—
		RELAȚIA DE MODELARE	$K_{SE}\cdot I_a+K_{BE}\cdot I_r-K_{OYE}\ U\geq 0$				
ECUAȚII LOGICE DE FUNCȚIONARE	PRIMA ZONĂ		$Z_T=A\cap D\cap F$	$Z_I=B\cap C\cap D$	$Z_I=A\cap B\cap C$	$Z_I=A$	$Z_I=A\cap B$
	A DOUA ZONĂ		$Z_{\bar{II}}=B\cap E\cap F\cap t_2$ sau $Z_{\bar{II}}=[(A\cap D\cap F)\cup(B\cap D\cap E)]\cap t_2$	$Z_{\bar{II}}=B\cap C\cap t_2$ sau $Z_{\bar{II}}=B\cap t_2$	$Z_{\bar{II}}=A\cap B\cap t_2$; sau $Z_{\bar{II}}=A\cap t_2$	$Z_{\bar{II}}=B\cap t_2$	$Z_{\bar{II}}=B\cap t_2$
	A TREIA ZONĂ		$Z_{\bar{III}}=C\cap F\cap t_3$ sau $Z_{\bar{III}}=[(A\cap D\cap F)\cup(B\cap D\cap E)\cup(C\cap\bar{E}\cap F)]\cap t_3$	$Z_{\bar{III}}=(A\cup B)\cap E\cap C\cap t_3$ sau $Z_{\bar{III}}=(A\cup B)\cap E\cap t_3$	$Z_{\bar{III}}=D\cap B\cap t_3$; sau $Z_{\bar{III}}=D\cap t_3$; sau $Z_{\bar{III}}=[(A\cap B)\cup(\bar{C}\cap D)]\cap t_3$	$Z_{\bar{III}}=C\cap t_3$	$Z_{\bar{III}}=(\bar{A}\cup B)\cap t_3$



Ecuația (6) reprezintă relația de modelare a caracteristicilor conice cu focar în originea planului Z, inclusiv a unor caracteristici degenerînd din acestea. Schema bloc de modelare este prezentată în figura 2, fiind considerabil simplificată față de cea din figura 1.

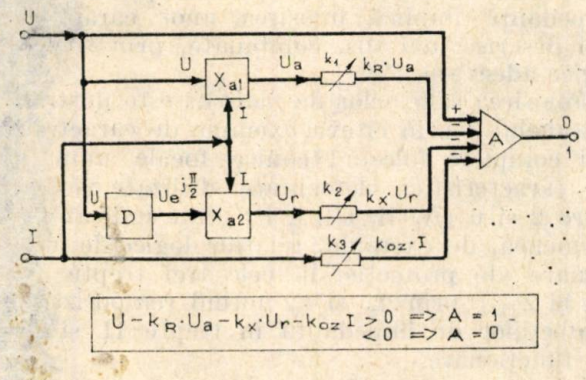


Fig. 2.

Întrucît natura conicei este determinată de valoarea factorului e :

$e < 1$ — elipsă,

$e = 1$ — parabolă,

$e > 1$ — hiperbolă,

rezultă că utilizînd și relațiile (7) se obține :

$$e = \sqrt{K_R^2 + K_X^2}, \tag{8.1}$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{K_X}{K_R}. \tag{8.2}$$

Așadar, folosind schema de modelare din figura 2 și modificînd prin simple potențiometre factorii de modelare K_R, K_X și K_{OZ} se pot obține prin semnalul logic 0 sau 1 al amplificatorului sumator de ieșire condiția de existență a unei impedanțe măsurate într-unul din meniile (interior sau exterior) ale unor elipse $K_R^2 + K_X^2 < 1$), parabole ($K_R^2 + K_X^2 = 1$), sau erbole ($K_R^2 + K_X^2 > 1$), modificabile ca mărime = var) și ca poziție $\left(\operatorname{tg} \psi = \frac{K_X}{K_R} = \text{var.}\right)$ ezultatele sintetice sînt prezentate în tabe- . În același tabel sînt prezentate și caracte- icile obținute prin inversiunea acestora în nul admitanței, fapt care sugerează posibi- atea extinderii metodei de modelare și la alte tipuri de caracteristici.

2. Modelarea caracteristicilor derivînd din conice cu focarul în originea planului Y

Ecuația unei conice cu focar în originea planului admitanței scrisă de asemenea în coordonate polare este* :

$$Y = \frac{p}{1 + e \cos(\varphi - \psi)}, \tag{9}$$

care poate fi pusă sub formă implicită :

$$Y + K_G \cdot G + K_B \cdot B - K_{0Y} = 0, \tag{10}$$

în care :

$$G = Y \cos \varphi \text{ — conductanța} \tag{11.1}$$

$$B = Y \sin \varphi \text{ — susceptanța} \tag{11.2}$$

$$K_G = e \cos \psi \tag{11.3}$$

$$K_B = e \sin \psi \tag{11.4}$$

$$K_{OY} = p \tag{11.5}$$

Prin înmulțirea cu tensiunea U ecuația (10) capătă forma :

$$I + K_G \cdot I_a + K_B \cdot I_r - K_{OY} U = 0 \tag{12}$$

Ecuația (12) reprezintă relația de modelare a unor conice în planul Y, conice modificabile similar, ca formă, mărime și poziție (tabelul 2).

Prin inversiunea relației (9) se obține :

$$Z = \frac{1}{Y} = S[1 + e \cos(\varphi - \psi)], \tag{13}$$

în care s-a notat $\frac{1}{p} = S$.

Ecuația (13) descrie curbe speciale de gradul 4 în planul Z, care sînt definite astfel (vezi tabelul 2):

$e < 1$ — concoidă,

$e = 1$ — cardioidă,

$e > 1$ — melcul lui Pascal.

Așadar prin similitudine cu cele arătate mai sus folosind relațiile (11) se obține :

$$e = \sqrt{K_G^2 + K_B^2},$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{K_B}{K_G}.$$

* S-au utilizat conice cuprinzînd originea și fiind dezvoltate în cadranul III al planului Z (excentricitatea este + e).

Utilizînd schema de modelare din figura 3 și modificînd factorii de modelare K_G, K_B și K_{OY} se obține similar ca mai sus, condiția de existență a unei impedanțe măsurate într-unul din domeniile unei concoide ($K_G^2 + K_B^2 < 1$), cardioide ($K_G^2 + K_B^2 = 1$), sau melc ($K_G^2 + K_B^2 > 1$), modificabile în cadranul 1 al planului Z ca mărime (K_{OY} = var.) și ca poziție $\left(\operatorname{tg} \psi = \frac{K_B}{K_G} = \right.$ $\left. = \text{var}\right)$.

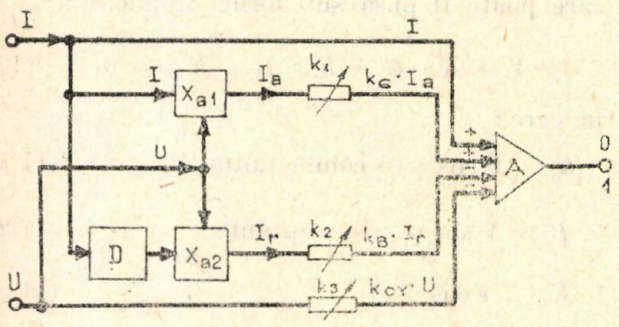


Fig. 3.

În tabelul 2 sînt prezentate și alte caracteristici, rezultate din cele prezentate, dintre care prezintă o importanță deosebită cercul trecînd prin origine ($e = 0$), caracteristică indicată structura multor sisteme de protecție de danță.

3. Modelarea unor noi sisteme de protecți impedanță

Sinteza unei scheme complete de protec impedanță implică folosirea unor cara tici descrise mai sus, combinate, prin s logice adecvate.

Folosirea schemelor de mai sus este ilustr în tabelul 3 prin cîteva exemple de caract tici complete folosind conice focale num de caracteristici elementare utilizate va între 2 și 6 (A, B, C ... F). Sînt indicat asemenea, de exemplu, relațiile logice de fu ționare ale protecției în cele trei trepte (Z_{II} și Z_{III}) prin t_2 și t_3, notînd temporiz protecțiilor de impedanță în trepte II și de funcționare.

Bibliografie

[1] Popescu, S. *Tipuri noi de protecție de dista tranzistorizate cu caracteristici universale.* Teză de do rat, 1971.

[2] Popescu, S. — *Contributions pour des nouvelles c teristiques des systemes de protection à distance.* În : Roum. des sc. teh. Ed. Academiei R.S.R. 3/72.

(Primit la 5 iulie 1982, acceptat la 4 august 1983)

Funcțiuni și activități pentru conducerea și comanda operativă a Sistemului Energetic Național

Ing. Hermina Albert, ing. B. Ungureanu*)

Introducere

Dezvoltarea sistemului energetic, rolul său crescînd în economia națională a țării și implicațiile lui sociale, face necesară o abordare riguroasă a problemelor de siguranță în funcționare, cu scopul de a asigura alimentarea consumatorilor la parametrii solicitați, în condiții optime pe ansamblul sistemului.

Realizarea acestei cerințe este posibilă prin organizarea și dotarea corespunzătoare a conducerii operative a instalațiilor energetice, integrate în Sistemul Energetic Național (SEN). Dezvoltarea tehnicii de calcul de proces a permis găsirea soluțiilor tehnice de dotare a conducerii operative astfel încît să se obțină rezultatele dorite [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Lucrarea de față își propune prezentarea, într-o formă sistematizată, a funcțiunilor și activităților conducerii ierarhizate a Sistemului Energetic Național.

* Ing. Hermina Albert este proiectant pr. la ISPE — București, iar Bogdan Ungureanu este analist pr. la același institut.

Structura conducerii operative a Sistem Energetic Național

În urma unor studii și analize efectuate țara noastră [1, 2], avînd la bază principiul decompoziție de spațiu, timp și stare a activ tăților de conducere operativă, a fost stabilit structura ierarhică dată în figura 1. Structu corespunde decompoziției de spațiu, în niveluri (trepte) de conducere operativă : tral, teritorial și local. Aceeași împărțire ierar este adoptată în majoritatea sistemelor de tate (Suedia, Italia, Belgia, Franța, O Anglia, R. P. Ungaria, R.F. Germania, J și altele) [3].

Din punctul de vedere al categoriilor de lații, ierarhizarea în trepte corespunde

1 — instalații importante pentru si energetic în ansamblu (pe întreg teritori de exemplu rețelele de transport, liniile de conexiune, centrale de mare putere debit rețelele de transport etc.;

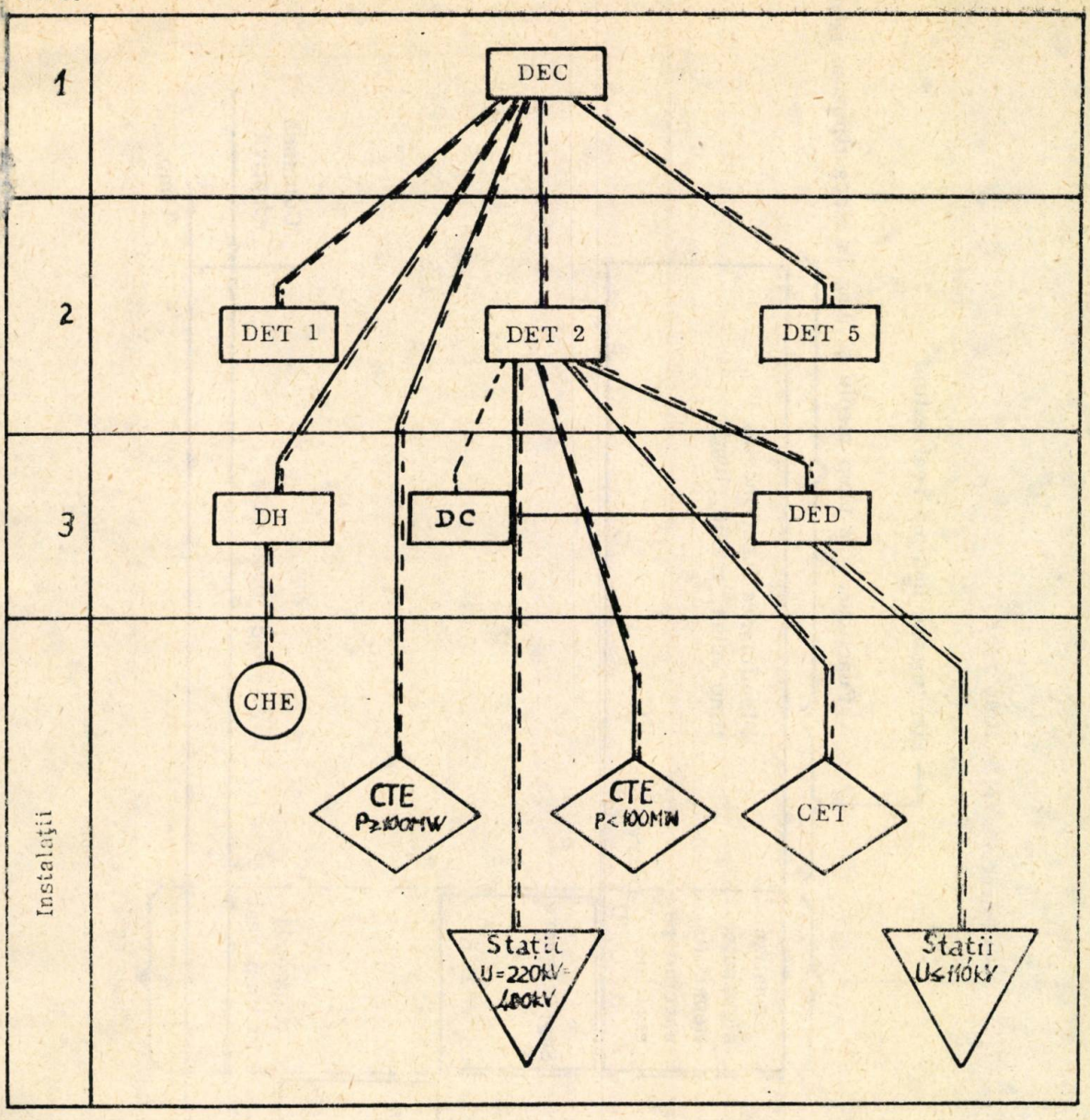


Fig. 1. Structura ierarhică de conducere operativă a SEN: DEC — dispecer energetic central; DET — dispecer energetic teritorial; DH — dispecer hidroenergetic; DC — dispecer de consumator; DED — dispecer energetic de distribuție; CHE — centrală hidroelectrică; CTE — centrală termoelectrică; CET — centrală electrică de termoficare.

2 — instalații de importanță teritorială, ca exemplu rețele electrice de repartiție a puterii do — 400 kV), centrale de importanță terito- (K etc.);

hip 1 — instalații de importanță locală, rețele de ibuție și centrale care debitează în acestea. (K_{oz} ompoziția în timp a funcțiunilor a evi- t că, între nivelurile de conducere, este r să se împartă funcțiunile după durata rii lor. Funcțiunile cu timpi mai mari Re lul 1 alizare sînt alocate, de regulă, nivelurilor risti ic superioare, în timp ce funcțiunile cu timpi pla de realizare (ca de exemplu comanda nemij- lit a instalațiilor) sînt alocate nivelurilor ierar- care le pot realiza direct (de regulă 2 sau 3).

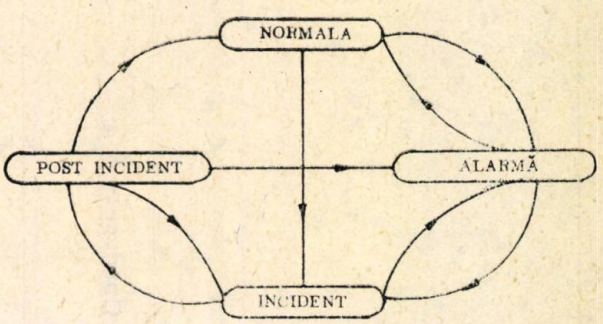


Fig. 2. Decompoziție de stare.

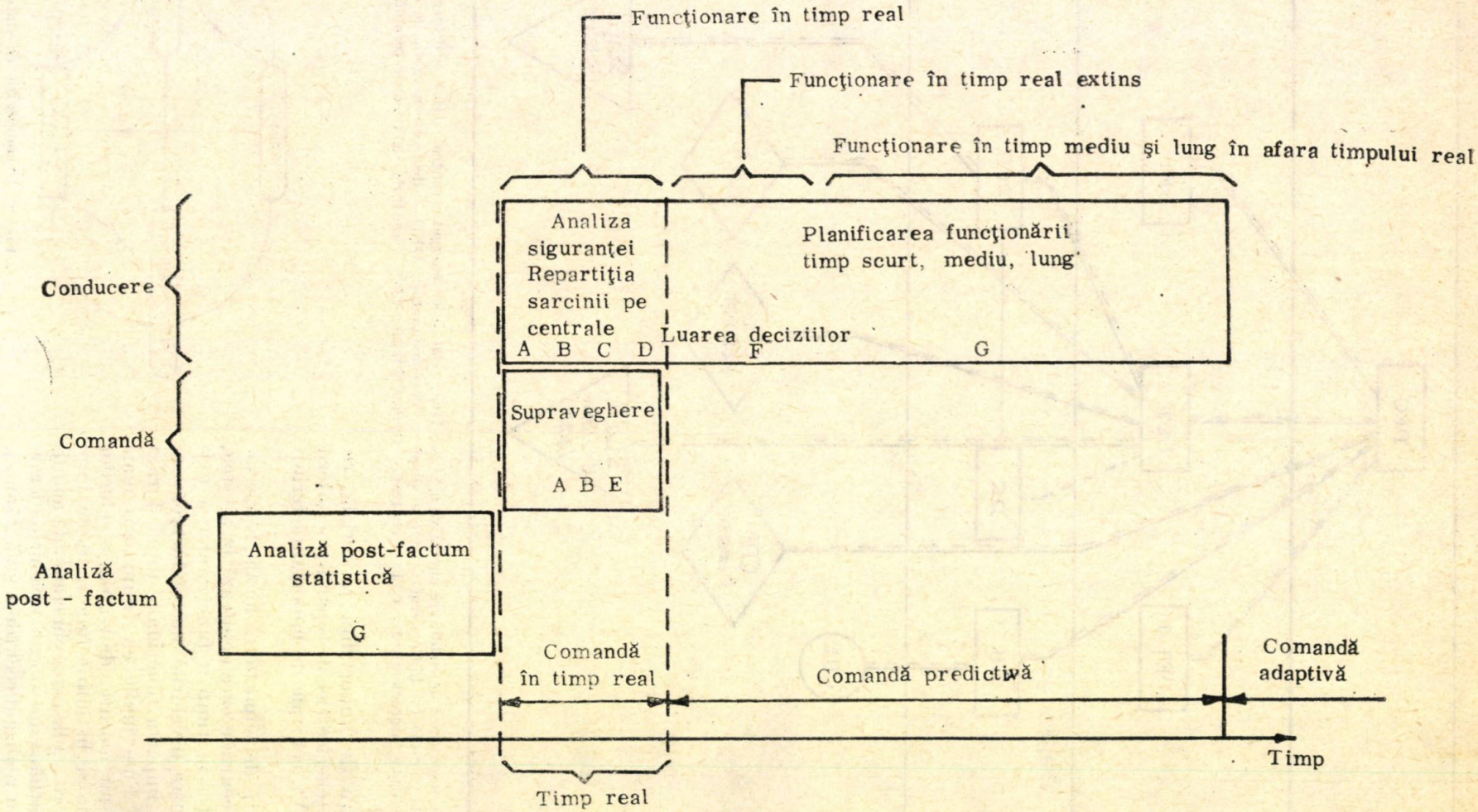


Fig. 3. Desfăşurarea în timp a conducerii şi comezii operative.

În cadrul fiecărui nivel de conducere,activitatea este descompusă în timpi, după cum urmează :

● se realizează simultan cu desfășurarea procesului tehnologic — timp real ;

● se realizează în afara procesului tehnologic — în afara timpului real — și are un caracter previzional :

— pe termen scurt (care efetuate cu date din proces au caracterul unor analize în timp real extins) ;

— pe termen mediu ;

— pe termen lung.

Decompoziția de stare, permite definirea funcțiilor și activităților la nivel de conducere, după cum instalațiile aflate în comanda operativă (fig. 2) :

● asigură alimentarea integrală a consumatorilor la frecvența și tensiunea normală — stare normală ;

● au unii parametrii de funcționare în afara limitelor normate, dar nu sînt afectați consumatorii — stare de alarmare ;

— nu asigură alimentarea tuturor consumatorilor sau au apărut deteriorări în instalații — stare de incident ;

— nu sînt integral în funcțiune sau nu funcționează la parametrii necesari, ca o consecință a unui incident — stare de postincident.

În tabelul 1 este ilustrată decompoziția în spațiu, timp și stare cu aplicare la SEN.

Tabelul 1

Criterii de decompoziție

Decompoziție			
DE SPAȚIU	DE TIMP		DE STARE
NIVEL 1	TIMP REAL		NORMALĂ
			DE ALARMARE
			DE INCIDENT
			DE POSTINCIDENT
	ÎN AFARA TIMPULUI REAL	SCURT	NORMALĂ
			DE ALARMARE
			DE INCIDENT
		MEDIU	NORMALĂ
			DE ALARMARE
			DE INCIDENT
		LUNG	NORMALĂ
			DE ALARMARE
NIVEL 2	IDEM		IDEM
NIVEL 3	IDEM		IDEM

Funcțiunile principale ale conducerii operative

Pentru realizarea principalelor obiective ale conducerii operative, constînd din alimentarea continuă cu energie electrică a consumatorilor în condiții de siguranță, calitate și economicitate, sînt necesare :

— supravegherea stării sistemului :

— comanda și reglarea instalațiilor ;

— analiza funcționării ;

— previziunea regimurilor de funcționare.

Îndeplinirea acestor cerințe comportă desfășurarea unor activități, realizarea următoarelor funcțiuni principale :

a — culegerea datelor referitoare la starea sistemului : vizualizare și dialog ;

b — înregistrarea datelor ;

c — reglajul în timp real ;

d — comanda în caz de incident ;

e — comanda încărcării grupurilor și a echipamentelor de comutare în stare normală ;

f — supravegherea siguranței și optimizarea funcționării ;

g — planificarea exploatării, analize și simulări în afara timpului real.

Desfășurarea în timp a acestor funcțiuni este ilustrată în figura 3.

Activitățile componente ale acestor funcțiuni, precum și modul lor de realizare (automat sau manual), în timp real sau în afara timpului real sînt date în tabelul 2. Pentru SEN, o parte din aceste activități se realizează în prezent, celelalte fiind prevăzute pentru etapa de după 1986, cînd se consideră realizabil un sistem teleinformatic ierarhizat cu echipamente de calcul de proces fabricate în țară.

Tabelul 2

Funcțiunile conducerii și comenzii operative

Funcția principală și activitățile componente	Modul de realizare		
	DEC	DET	DED
1	2	3	4
A. *Culegerea datelor referitoare la starea sistemului în timp real, vizualizare și dialog*			
1 — culegerea datelor	a, R	a, R	a, R
2 — verificarea plauzibilității	a, R	a, R	a, R
3 — analiza topologiei rețelei	a, R	—	(a, R)
4 — estimarea stării	(a, R)	—	(a, R)
5 — echivalenți pentru rețele externe	(a, R)	—	(a, R)
6 — detecția perturbațiilor în sistem	(a, R)	(a, R)	(a, R)
7 — afișarea datelor pe console	a, R	a, R	a, R
8 — alarmare	a, R	a, R	a, R
9 — controlul încadrării în limite	a, R	a, R	a, R
10 — afișarea datelor pe panou și la aparate	a, R	a, R	a, R
11 — actualizarea bazei de date privind starea sistemului	a, R	a, R	a, R

Tabelul 2 (continuare)

1	2	3	4
B. *Înregistrarea datelor*			
1 — înregistrarea datelor	a, R	(a, R)	(a, R)
2 — umplerea bazei de date pentru elaborarea rapoartelor	(a, R)	(a_T R)	(a, R)
3 — umplerea bazei de date pentru prelucrări statistice	(a, R)	(a_T R)	(a, R)
4 — umplerea bazei de date pentru analize postfactum	a, R	(a_T R	(a, R)
C. *Reglaj în timp real (stare normală)*			
1 — reglajul frecvență-putere de schimb	a, R	—	—
2 — reglajul puterilor generate	m, E	m, E	m, E
3 — reglajul tensiunii	m, E	m, E	m, E
D. *Comandă în caz de incident*			
1 — deconectarea telecomandată a unor consumatori	—	m, E	m, E
2 — pornirea centralelor de vîrf	m, E	m, E	m, E
3 — descărcări centralizate de sarcină (comenzi sintetice)	—	—	(m, E)
4 — restaurarea sistemului după o avarie gravă	m, E	m, E	m, E
E. *Comanda încărcării grupurilor și a echipamentelor de comutare* (stare normală)			
1 — comanda echipamentelor de comutare	m, E	m. E	m, E
2 — comanda încărcării centralelor electrice	m, E	m, E	
3 — verificarea funcționării centralelor la puterea de consum	a, R	a, R	
4 — comanda pentru izolarea instalațiilor în vederea lucrărilor de întreținere și reparații	—	m, E	m, E
F. *Supravegherea siguranței și optimizarea funcționării*			
1 — simulări de evenimente în regim permanent (contingențe)	a, E	—	(a, E)
2 — predicția sarcinii pe termen scurt (pînă la o oră)	a, E	—	(a, E)
3 — repartiția optimă a puterilor pe centrale	a, E	a, E	—
4 — repartiția optimă a circulațiilor de putere în rețea ținînd seama de restricțiile de siguranță	(a, E)	—	—
5 — analiza puterilor de scurtcircuit	a, E	—	—
G. *Planificarea exploatării, analize și simulări în afara timpului real*			
1 — prognoza consumului	a, 0	—	m, 0
2 — planificarea funcționării grupurilor	m, 0	m, 0	—
3 — stabilirea capacităților de producție în rezervă și rezervă rece	m_T, 0	—	—
4 — gestionarea resurselor hidro	m, 0	—	—
5 — gestionarea resurselor de combustibil	m, 0	—	—
6 — gestionarea schimburilor cu sistemele vecine	m, 0	—	—
7 — evaluarea puterilor maxime productibile	m, 0	m_T 0	—
8 — evaluarea puterilor maxime disponibile pentru consumatori	m, 0		m, 0
9 — planificarea reviziilor și reparațiilor în centrale electrice	m, 0	—	—
10 — planificarea reviziilor și reparațiilor în rețele	m, 0	—	m, 0
11 — analiza topologică a rețelei și stabilirea restricțiilor pentru planificarea funcționării	a_n, 0	—	a, 0
12 — planificarea funcționării surselor de putere reactivă	a, 0	—	a, 0
13 — analiza postfactum a funcționării rețelei	m+a, 0	m+a, 0	m+a, 0
14 — analiza avariilor	m+a, 0	m+a,0	m+a, 0
15 — analiza funcționării protecțiilor prin relee	m, 0	m, 0	m, 0
16 — stabilirea funcționării protecțiilor și automaticii de sistem	m+a,0	—	m, 0
17 — elaborarea ghidului operator	m, 0	m, 0	m, 0
18 — evaluarea costurilor de producție	m, 0	—	m_T, 0
19 — simulări pentru instruirea personalului	(m+a, 0)	—	(m+a, 0)
20 — dezvoltarea software-ului de aplicație în timp real și în afara timpului real	m+a, 0	m+a, 0	m+a, 0
21 — echivalenți pentru rețele externe	m+a, 0	(m+a, 0)	(m+a, 0)
22 — urmărirea consumului de energie pe IRE, pe categorii de consumatori și pe județe	—	—	m+a, 0
23 — prelucrări și analize statistice privind comportarea în exploatarea echipamentelor	m+a, 0	—	m+a, 0

Notă. 1. Parantezele arată că activitatea nu se realizează în prezent, dar este prevăzută conform 5.

2. În tabel s-au notat: a — automat; m — manual R — în timp real; E — timp real extins; 0 — în afara timpului real (mediu și lung).

Concluzii

Conducerea operativă a SEN reprezintă o activitate deosebit de complexă, avînd obiective importante, funcţiuni bine definite şi un număr important de activităţi elementare.

Prin acest articol s-a urmărit prezentarea într-o formă sistematizată a principalelor funcţiuni şi activităţi, cu scopul de a evidenţia sarcinile importante care trebuie materializate pentru asigurarea unei conduceri operative corespunzătoare a Sistemului Energetic Naţional.

Bibliografie

[1] * * * *Structura, funcţiile şi liniile directoare în dotarea tehnică a conducerii operative a instalaţiilor energetice.* Lucrare ISPE, 1978.

[2] * * * *Studiu din dotare tehnică a conducerii operative în etapa 1981—1985 şi orientativ 1990.* Lucrare ISPE, 1981.

[3] Mariani, E., Yiklund, L. *Hierorchical organization of control centres.* Comitetul de studiu CIGRE 32/ iunie 1982.

[4] Merlin, A., Brousolle, P. *The decision-making functions of the new real-time system of the National Control Center of BDF.* Conferinţa internaţională „Power System Monitoring and Control", Londra, iunie 1980.

[5] Dy Liacco, T. E. *New developments in computer configuration for control centers.* Conferinţa internaţională „Power System Monitoring and Control", Londra, iunie 1980.

[6] Galli, F., Mariani, E., Morzio, L., Ricci, P., Schiavi, A. *ENEL power generation and transmission control system: hierarchy, function, allocation and characteristics.* Comitetul de studii CIGRE 32/sept. 1981.

(Primit la 28 ianuarie 1983, acceptat la 25 august 1983)

Invenţii — Inovaţii*)

(54) Titlul: **Procedeu de realizare a unei izolaţii termorigide pentru maşinile electrice de înaltă tensiune**

(72) Inventatori: ing. I. Haţegan, ing. D. Zlatanovici, ing. H. Binder, M. Bălan

(21) Dosar nr.: 102451
(22) Data înregistrării: 28.10.1980
(45) Data publicării: 28.02.1983
(51) Clasificarea internaţională: H 02 K 15/12
(11) Brevet România: 80614

(73) Titular: Institutul de Cercetări şi Modernizări Energetice — Bucureşti

Invenţia se referă la un procedeu de realizare a unei izolaţii termorigide pentru maşinile electrice de înaltă tensiune, cu proprietăţi dielectrice îmbunătăţite, ca, de exemplu: rigiditatea dielectrică mărită, factorul de pierderi dielectrice (tgδ) redus, variaţia factorului de pierderi dielectrice (Δtgδ) redusă etc.

Se cunosc procedee de realizare a unor izolaţii electrice pentru maşini electrice de înaltă tensiune realizate cu micabenzi preimpregnate cu răşini epoxidice, la care, după aplicarea micabenzii pe bara Röbel, se face o uscare în vid, apoi se execută presarea şi calibrarea în prese cald-rece, polimerizarea finală realizîndu-se în autoclavă specială la temperatură şi presiune.

Dezavantajele acestui procedeu sînt următoarele:

— se utilizează instalaţii complexe pentru degazare, uscare şi polimerizare;

— durata de execuţie este mare: 120 h pentru un set de bare.

Se cunosc, de asemenea, procedee de realizare a unor izolaţii pentru maşini electrice de înaltă tensiune, realizate cu materiale termoplastice, cum sînt: bandă de mică pe suport de hîrtie sau pînză de sticlă, folosindu-se ca liant pentru fulgii de mică o soluţie oleobituminoasă; după aplicarea izolaţiei pe bara Röbel, se face compoundarea şi uscarea sub vid a barelor, în mai multe trepte, în funcţie de grosimea stratului de izolaţie.

Dezavantajele acestui procedeu sînt următoarele:

— rigiditate dielectrică redusă;

— tg δ şi Δtgδ mari;

— caracteristici mecanice reduse.

Procedeul, conform invenţiei, înlătură dezavantajele menţionate, prin aceea că, în scopul obţinerii unor performanţe dielectrice sporite utilizînd instalaţii simple, izolaţia se realizează din benzi de hîrtie de mică, preimpregnate cu răşini epoxidice, avînd un conţinut bogat în răşină (40...45%), iar după aplicarea manuală a micabenzii preimpregnate cu răşină epoxidică pe bara Röbel, aceasta se introduce în presformă, încălzită în prealabil la 50...60°C, după care se creşte temperatura pînă la o valoare de 100...120°C, menţinîndu-se constantă timp de 20...40 min; după acea se execută presarea totală, pînă la dimensiunile finale ale barei şi se menţine în continuare la aceeaşi temperatură timp de 20...40 min, după care se creşte temperatura pînă la o valoare de 140 ... 170°C şi se menţine constantă timp de 70 ... 120 min, apoi se lasă să se răcească liber pînă la o temperatură de 70 ... 100°C, cînd se scoate din presformă.

Se dă mai jos un exemplu de aplicare a procesului, conform invenţiei.

Pe bara Röbel se aplică, prin roluire manuală, 1/2 suprapuse micabanda preimpregată cu răşină epoxidică, cu conţinut mărit de răşină, în numărul necesar de straturi, pînă se obţine 1,2 din grosimea finală a izolaţiei. Se preîncălzeşte presforma pînă la o temperatură de 50 ... 60°C, măsurată pe feţele active. Se introduce bara în presformă şi se închide, fără a se presa. În continuare, se creşte temperatura presformei pînă la 100...120°C cu o viteză de 1,5 ... 2,5°C/min şi se menţine constantă timp de 20...40 min. Se execută presarea totală pînă la dimensiunile finale ale barei izolate, dimensiuni limitate cu calibre. Se menţine în continuare aceeaşi temperatură timp de 20...40 min, după care, se creşte temperatura pînă la o valoare de 140...170°C cu o viteză de 2...2,5°C/min şi se menţine constantă timp de 70...120 min. Se lasă să se răcească liber pînă se ajunge la temperatura de 70 ... 100°C, cînd se scoate bara izolată din presformă.

În urma aplicării procedeului la izolarea unor bare în cadrul procesului de modernizare a unor generatoare, izolaţia obţinută, conform exemplului, are următoarele proprietăţi la 20°C:

— rigiditatea dielectrică: 20 kV/mm;
— tgδ la tensiunea nominală: 2,25%;
— Δtgδ între 0,8 şi 0,2 din tensiunea nominală: 0,5%;
— permitivitatea relativă: 3,1 u.r.;
— rezistivitatea transversală: 10^{22} ohmi. cm;
— temperatura maximă de funcţionare: 155°C;
— absorbţie de ulei în 24 h: 0,4%;
— absorbţie de apă în 24 h: 0,1%;
— rezistenţa la încovoiere, paralel pe straturi: 100 kg/cm²;
— rezistenţa la compresiune perpendicular pe straturi: 2900 kg/cm²;
— rezistenţa la tracţiune, paralel pe straturi: 1300 kg/cm²;
— rezistenţa la tracţiune perpendicular pe straturi: 60 kg/cm².

Procedeul, conform invenţiei, prezintă următoarele avantaje:

— utilizează instalaţii simple;
— durata de execuţie a unei izolaţii este de 4 h;
— se obţine o izolaţie cu proprietăţi dielectrice, termice şi mecanice îmbunătăţite.

*) Rubrică întocmită de ing. C. Văideanu — ICEMENERG

BULETIN INFORMATIV

Manifestări tehnico-ştiinţifice în 1984

INTERNAŢIONALE

1. Conferinţa şi expoziţia de tehnologie energetică ET-84
   Locul : Washington, S.U.A.
   Data : 19—21.03.1984
2. Al II-lea Simpozion internaţional cu tema „Măsurători Termotehnice"
   Locul : Budapesta — R.P.U.
   Data : 16—18 aprilie 1984
   Organizator : MATE, House of Technology, III. 318
   H — 1372 Budapest
   P.I.B. 451, HUNGARY
3. A II-a Conferinţă internaţională a Canadei în domeniile energiei „ENERGEX"
   Locul : Regina, Saskatchewan — Canada
   Data : 14—19.05.1984
4. Congresul internaţional al energiei pentru ţările mici şi mijlocii
   Locul : Tel Aviv, Israel
   Data : 14—17 mai 1984
   Organizator : Israel Convention Centre
   P.O.B. 21.075 Tel Aviv 61.210
   Israel
5. Simpozionul INTERELECTRO „Aparataj de înaltă tensiune"
   Locul : Budapesta, R.P.U.
   Data : iunie 1984
6. Conferinţa internaţională cu tema „Automatizarea şi reglarea sistemelor de distribuţie"
   Locul : Tabor, R.S.C.
   Data : 12—14 iunie 1984
   Organizator : Czechoslovak Scientific-Technical Society CSVTS
   Plzenska 2/1
   370 — 21 Cseske Budejovice
   R.S.C.
7. Bio Energy'84 în ţările în curs de dezvoltare — ocnferinţă şi expoziţie
   Locul : Goteborg — Suedia
   Data : 15—16 iunie 1984
   Organizator : The Swedish Trade Fair Foundation
   Bio Energy 84 Office/DCS
   Box 5222
   S-40224 Gothenburg, Sweden
8. A XII-a Conferinţă internaţională de prognoze hidrologice a ţărilor Dunărene
   Locul : Bratislava, R.S.C.
   Data : 21—24.08.1984
   Organizator : Institutul de Hidrometeorologie
   Eseniova 17
   833 15 Bratislava
   R.S.C.
9. Sesiunea bienală CIGRE
   Locul : Paris — Franţa
   Data : 29.8. — 6/9. 1984
10. A XI-a Conferinţă internaţională de energetică industrială — CIEI—
    Locul : Berlin — R.D.G.
    Data : 19—24.09.1984
11. Al VIII-lea Simpozion internaţional cu tema „Legările la pământ şi protecţia împotriva electrocutărilor"
    Locul : Wroclaw — R.P.P.
    Data : 20—21 septembrie 1984
    Organizator : Politechnika Wroclawska
    Instytut Energoelektryki
    ul. Wybrzeze Wyspianskiego 27
    50 370 Wroclaw
    P O L S K A
12. Expoziţia şi simpozionul „Aparatura ştiinţifică CAER — 84"
    Locul : Plovdiv, R.P.B.
    Data : 24.09. — 01.10.1984
    Organizator : Casa Tehnicii
    Str. Saşa Dimitrov nr. 1
    Plovdiv — R.P.B.
13. Simpozion şi expoziţie CAER : PRAGOTERM"
    Locul : Praga — R.S.C.
    Data : 12—14.11.1984
14. Conferinţa internaţională asupra simulării în centralele electrice
    Locul : Mexic, Cuernavaca, Morelos
    Data 19—21.11.1984

Notă. Pentru informaţii suplimentare cei interesaţi se pot adresa la ICEMENERG — Colectiv de Omologări Prescripţii — Invenţii — Mărci, Bd. Energeticienilor nr. 8, sector 3, tel. 21.46.30. int. 234 sau 224.

Interne

A) *Pînă în prezent au avut loc următoarele manifestări :*

— A IV-a consfătuire anuală asupra stocării energiei termice
Organizator : ICEMENERG — Laborator de tehnologii de conversie surse noi
Data : 21 februarie 1984
Locul : ICEMENERG — Bucureşti

Consfătuirea a fost consacrată examinării rezultatelor obţinute în anul 1983 în cercetarea, proiectarea, realizarea şi utilizarea sistemelor de acumulare a căldurii pentru instalaţiile tehnologice de încălzire şi de preparare a apei calde.

— A IX-a consfătuire a termoenergeticienilor din R.S.R.
Organizator : Consiliul Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S.R.
Data : 12—14 aprilie 1984
Locul : Poiana Braşov
Consfătuirea a dezbătut probleme privind „Reducerea şi utilizarea în condiţii de eficienţă maximă a energiei termice"

— Al IV-lea simpozion cu tema „Modelarea cibernetică a proceselor de producţie"
Organizatori : Academia de Studii Economice — Catedra şi laboratoarele de cibernetică economică, Academia R.S.R., Institutul Central pentru Conducere şi Informatică
Data : 25—28 aprilie 1984
Locul : Bucureşti

— Simpozionul cu tema „Tendinţe noi în realizarea sistemelor de conducere automată cu calculator a proceselor tehnologice"
Organizator : Institutul de Proiectări pentru Automatizări
Data : aprilie 1984

B) Urmează să se desfăşoare în continuare următoarele manifestări :

— Masă rotundă cu tema „Realizări şi perspective în domeniul traductoarelor utilizate în instalaţiile de automatizare
Organizator : Institutul de Proiectări pentru Automatizări
Data : mai 1984
Locul : Paşcani
Informaţii suplimentare la IPA — Bd. Kalinin 18, Bucureşt

— Consfătuirea de lucru cu tema : „Asigurarea calității pei la centralele termoelectrice

Organizator : ICEMENERG — Secția chimie energetică

Data : 24—26 mai 1984

Locul : Brăila

nformații suplimentare se pot obține la ICEMENERG — Bucureşti, dr. ing. chim. Maria Maftei, şef Sector chimie nergetică, tel. 20.67.30.

— Simpozion cu tema : „Disponibilitatea şi fiabilitatea TE şi CET funcționînd pe cărbune inferior"

Organizatori : CIPEET, ICEMENERG

Data : mai 1974

Locul : Deva

nformații suplimentare — ICEMENERG Bucureşti, ing. Gabriel Poenaru — sector de instalații şi combustibili — telefon 20.67.30, int. 162.

— Consfătuirea cu tema : „Reducerea consumului de energie electrică şi termică şi încadrarea în cotele aprobate"

Organizatori : MEE — Direcția tehnică, surse noi şi refolosibile de energie, ICEMENERG, Intreprinderea de exploatare şi întreținere a rețelelor electrice Braşov

Data : iunie 1984

Locul : Braşov

nformații suplimentare : M.E.E. — DTSNR, tel. 50.60.00. nt. 226.

— Consfătuirea de lucru cu tema : „„Extinderea utilizării i eficiența prelucrării automate a datelor în energetică"

Organizatori : MEE — Direcția de organizare, control, personal şi învățămînt, ISPE, CIRE, CIPEET

Data : iunie 1984

Locul : Bușteni

nformații suplimentare la ISPE — tov. ing. Camelia Cerecanu, telefon 12.78.07

— A II-a Conferință națională de electrotehnică şi electroenergetică

Organizatori : Universitatea din Craiova — Facultatea le electrotehnică

Data : 20—21 septembrie 1984

Locul : Universitatea din Craiova

Lucrările conferinței se vor desfăşura pe 13 secțiuni :

— Bazele electrotehnicii — probleme de CIMP
— Bazele electrotehnicii — Circuite
— Generatoare şi transformatoare electrice
— Motoare electrice rotative şi liniare
— Convertoare statice de putere
— Acționări electrice
— Electrotermie şi iluminat
— Materiale electrotehnice
— Aparate electrice
— Transportul şi distribuția energiei electrice
— Supratensiuni şi coordonarea nivelului de izolație
— Funcționarea şi reglarea sistemelor electroenergetice
— Conducerea, comanda şi planificarea dezvoltării sistemelor electroenergetice

nformații, corespondență CNEE'84

Facultatea de electrotehnică, str. Lăpuşului nr. 5, 1100 Craiova

Dr. ing. Aurel Cimpeanu — tel. 941/45724/148 — pentru ecțiile 1—8

Dr. ing. Vladimir Răzvan/153 — pentru secțiile 9—13

— Consfătuirea de lucru cu tema : „Uleiuri electroizolante"

Organizator : ICEMENERG

Data : septembrie 1984

Locul : Sibiu

Informații suplimentare se pot obține la ICEMENERG — Bucureşti, dr. ing. chim. Maria Maftei, şef Sector chimie energetică, tel. 20.67.30.

— Consfătuirea de lucru cu tema : „Aportul introducerii progresului tehnic la creşterea productivității muncii în ramura energiei electrice şi termice"

Organizatori : ICEMENERG, CIRE, CIPEET

Data : 28—29 septembrie 1984

Locul : Rîmnicul Vîlcea

Informații suplimentare se pot obține la ICEMENERG — Colectivul de Omologări — Prescripții — Invenții — Mărci, Bd. Energeticienilor nr. 8, sector 3, tel. 21.46.30. int. 224 sau 234.

— Consfătuirea de lucru cu tema : „Metode şi soluții de proiectare a obiectivelor energetice"

Organizatori : ISPE, ISPH

Data : septembrie 1984

Locul : București

Informații suplimentare : ing. Hermina Albert, ISPE, tel. 10.70.80. int. 327

— A VI-a sesiune de comunicări tehnico-ştiințifice în domeniul producerii transportului, distribuției şi utilizării raționale a energiei

Organizator : IRE Suceava sub egida Comisiei județene de organizare şi coordonare a acțiunii de creație ştiințifică şi tehnică

Data : octombrie 1984

Locul : Suceava

Informații suplimentare se pot obține la IRE Suceava, ing. R. Sfichi, tel. 20.638 sau 21.698 int. 129.

— Masa rotundă cu tema : „Realizări, perspective şi utilizări ale familiei de echipamente de teleprelucrare de date — TEROM"

Organizator : Institutul de proiectări pentru automatizări

Data : octombrie 1984

Locul : București

Informații suplimetare se pot obține la Institutul de proiectări şi automatizări, bd. Kalinin nr. 18, București.

— Conferința, cu participare internațională, cu tema : „Tehnologii pentru utilizarea energetică a combustibililor solizi inferiori"

Organizatori : M.E.E. — ICCE, ICEMENERG, Comitetul național român al Conferinței mondiale a energiei

Data : 29—31 octombrie 1984

Locul : Felix — Oradea

Secțiile conferinței :

— Conferința de combustibili solizi inferiori
— Utilizarea combustibililor solizi inferiori la producerea energiei electrice şi termice
— Aspecte de chimie în energetică legate de utilizarea combustibililor solizi inferiori
— Protecția mediului înconjurător

Informații suplimentare : ICEMENERG, ing. G. Poenaru, tel. 20.67.30.

— A III-a ediție a Simpozionului Național al Rețelelor Electrice

Organizatori : M.E.E. — C.I.R.E. — Biroul tehnic şi Comitetul Național Român al CIGRE

Data : noiembrie 1984

Locul : Timişoara

Lucrările simpozionului se vor desfășura în cadrul a 3 secții :
— Concepții noi privind dezvoltarea rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice
— Preocupări privind exploatarea și întreținerea rețelelor electrice, a automatizărilor, protecțiilor și a instalațiilor de transmisie
— Soluții de economisire a energiei electrice în rețelele d transport, distribuție și la consumatori.

Masa rotundă va dezbate subiecte legate de istoricul ene geticii în R.S.R.

Informații suplimentare se pot obține la telefon 13.26.20 - C.I.R.E. — Biroul tehnic.

Cronică

Al IV-lea Simpozion de inginerie de înaltă tensiune

— Atena, septembrie 1983 —

La 4 ani de la precedentul simpozion (Milano — 1979), între 5 și 9 septembrie 1983 s-a desfășurat la Aten în Grecia, cel de al IV-lea Simpozion de inginerie de înaltă tensiune organizat de Universitatea Tehnică Națională d Atena, cu larga colaborare a CIGRE.

Fără a avea anvergura acestuia din urmă, Simpozionul a reunit peste 300 de specialiști din peste 20 de țări a lumii, pentru a dezbate și discuta probleme legate de o preocupare comună : tehnica tensiunilor înalte.

Din cele peste 500 de propuneri de rapoarte, în urma selecției făcute de comisia tehnică s-au materializat ca r poarte la simpozion un număr de 264, reunite în 24 de grupe de probleme.

Chestiunile de interes ale specialiștilor prezenți au fost reunite într-un număr de șase domenii globale de stud și cercetare, cuprinzînd contribuții și aspecte noi privind elucidarea unor fenomene electrice, optimizarea și îmbunătățir tehnicilor de măsurare și investigare a diferitelor mărimi electrice, aplicații noi în tehnica cercetărilor de laborato

Grupate în ordinea secțiilor simpozionului, primul domeniu de interes l-a reprezentat cîmpul electric, cuprinzîn aspecte referitoare la metodele de calcul ale cîmpului și aplicații ale acestora, calculul caracteristicilor cîmpului electri măsurători ale acestuia. În cadrul acestei problematici, exceptînd o serie de metode îmbunătățite de calcul, prezintă int res aplicațiile legate de proiectarea echipamentelor de înaltă tensiune, de amenajarea spațiului de experimentare, precum de determinarea caracteristicilor și configurației cîmpului ca elemente de proiectare ale diferitelor aparate și instalații.

Izolația solidă și lichidă a reprezentat al doilea domeniu general, cuprinzînd aspecte referitoare la solicitările comportamentul izolației solide, descărcări parțiale și probleme de arborescență, solicitări termice, mecanice, combinate de îmbătrînire, izolație lichidă și combinată lichidă-solidă.

Problematica s-a axat, în principal, pe investigarea și evaluarea diferitelor solicitări asupra materialelor electric precum și comportarea izolației mixte la solicitări cu tensiune de impuls și alternativă.

Un alt domeniu care cîștigă teren ca arie de răspîndire în instalațiile electrice l-a reprezentat izolația în gaz (cu exce ția aerului). În acest sens au prezentat interes comunicări care au investigat mecanismul de descărcare în SF_6, influen diferiților parametrii asupra fenomenelor care se desfășoară în SF_6, probleme legate de izolația stațiilor capsulate. De as menea, studiul descărcării în gaze și în vid a reliefat o serie de aspecte care ar putea avea și au aplicații în tehnic

Un domeniu de o importanță deosebită l-a constituit izolația în aer în cadrul căruia problemele prezentate au an lizat mecanismul descărcării, influența parametrilor atmosferici, fenomenul corona. O importanță deosebită a fost atribui aplicațiilor acestor descărcări, legate de echipamentele de înaltă tensiune și comportarea acestora la diferite solicită

S-a subliniat influența parametrilor atmosferici asupra mecanismului descărcării și a tensiunilor de străpunge ale diferitelor configurații examinate, analizîndu-se în detaliu influența poluării asupra comportării la diferite solicitări echipamentelor de înaltă tensiune

Echipamentul și instalațiile de încărcare în înaltă tensiune au reprezentat un domeniu deosebit de interesan cuprinzînd comunicări referitoare la instalații și scheme de încercare noi, împreună cu caracteristicile și performanțele ace tora verificate prin încercări pe diferite obiecte test. S-au analizat instalații pentru producerea impulsurilor de tensiune curent sau producerea tensiunii de încercare alternative, precum și o serie de elemente auxiliare ca instalații de încerca sub ploaie, de trigerare, întreruptoare.

Utimul domeniu examinat l-a reprezentat domeniul de măsurat și tehnicile de măsurare, reunind probleme lega de tehnici de măsură de curent și tensiune, instalații de măsurare a descărcărilor parțiale, tehnici și măsuri de diagnostica optoelectronică și tehnici de măsură digitale. Acest domeniu a cuprins numeroase probleme de interes, legate atît de perfe manțele atinse de tehnicile și instalațiile de măsurare, cît și de aplicațiile vaste și totuși extrem de specifice fiecăr fenomen sau element de investigație.

S-au examinat printre altele metode de măsură și probleme legate de optoelectronică, precum și tehnicile de măs rare digitală și erorile corespunzătoare a două direcții reprezentînd tehnici de vîrf care prin performanțele și posibilități de explorare a diverselor mărimi și fenomene furnizează informații extrem de precise, pretindu-se totodată ca prin inte fețe corespunzătoare să asigure prelucrarea automată a datelor rezultate din încercări.

Reflectînd unele aspecte ale cercetărilor desfășurate în domeniul tehnicii tensiunilor înalte de către specialiș români, un număr de trei rapoarte au fost prezentate în diferitele secții ale simpozionului :

1. Comportamentul izolației de înaltă tensiune la solicitări cu unde scurte.
Autori : D. Cristescu (I.P.B.), R. Enache și B. Popa (ICEMENERG), C. Gary (EdF).
2. Solicitări ale izolației de înaltă tensiune cu tensiuni mixte.
Autori : R. Enache (ICEMENERG), S. Coatu (I.P.B.)
3. Întreruptoare statice pentru generarea impulsurilor de comutație cu ajutorul transformatoarelor.
Autor : A. Marinescu (CCSIT — Electroputere)

Rapoartele și discuțiile purtate în cadrul simpozionului prin aspectele teoretice și practice ridicate în domenii interes ale electroenergeticii și electrotehnicii au contribuit la asigurarea unui util schimb de idei și experiență în cadrul preoc pării comune tuturor specialiștilor prezenți : tehnica tensiunilor înalte.

Ing. R. Enache — ICEMENEI

A VIII-a Sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de Cercetări Ştiinţifice şi Inginerie Tehnologică pentru Echipamente Energetice

— Bucureşti, 27—29 octombrie 1983 —

În perioada 27—29 octombrie a avut loc la Bucureşti a VIII-a Sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a ICSITEE, anifestare devenită tradiţională.

Lucrările sesiunii s-au desfăşurat în cadrul a şase secţii de specialitate, şi anume :

I. Secţia de energetică generală şi industrială (24 de lucrări).
II. Secţia de cazane-instalaţii de ardere-combustibili — instalaţii anexe (47 de lucrări).
III. Secţia de turbine cu abur-compresoare-ventilatoare-instalaţii anexe (20 de lucrări).
IV. Secţia de maşini electrice (8 lucrări).
V. Secţia de automatizări (13 lucrări).
VI. Secţia de surse noi de energie (21 de lucrări).

n total în cadrul sesiunii s-au prezentat 133 lucrări.

Lucrările au constituit o reflectare a preocupărilor specialiştilor ICSITEE în domeniile menţionate. În acelaşi imp un număr important de lucrări au arătat contribuţia specialiştilor din alte institute de cercetare şi proiectare (ISPE, CEMENERG, IPCT, IITPIC, IPA, ICPMC, ICPITMUA şi altele), din unităţi productive (CCPGM — Mediaş şi altele), e la Institutul Politehnic Bucureşti, demonstrîndu-se în acest fel importanţa şi oportunitatea problematicii alese.

Lucrările au suscitat interesul specialiştilor participanţi din ICSITEE, institute de cercetări şi proiectări, insti- ute de învăţămînt superior şi din întreprinderi industriale.

În urma desfăşurării lucrărilor sesiunii au fost trase următoarele concluzii şi recomandări :

a secţia de energetică generală şi industrială :

— să se dezvolte preocupările privind gospodărirea raţională a energiei şi combustibilului atît în institutele de cercetări şi proiectare, cît şi în întreprinderile industriale. În acest sens un accent deosebit trebuie pus pe recuperarea resurselor energetice recuperabile de potenţial termic ridicat, mediu şi scăzut ;

— avînd în vedere consumul încă ridicat de gaze naturale şi păcură în instalaţiile industriale un accent mai deosebit trebuie pus pe îmbunătăţirea instalaţiilor de ardere existente, pe automatizarea acestora şi îmbunătăţirea procesului de ardere ;

— să se dezvolte aplicaţiile pompelor de căldură în industrie ;

— să se îmbunătăţească întreţinerea şi exploatarea raţională a instalaţiilor energotehnologice din industrie.

.a secţia de cazane — instalaţii de ardere — combustibili — instalaţii anexe :

— să se îmbunătăţească fiabilitatea funcţionării cazanelor de abur pe lignit, în special a cazanelor de 1035 t/h ;

— să se intensifice lucrările de modernizare a cazanelor mari pe lignit ;

— să se intensifice lucrările de cercetare, proiectare şi realizare a gamei de cazane de apă fierbinte şi a cazanelor de abur cu arderea lignitului în strat fluidizat ;

— să se intensifice lucrările de proiectare a noilor tipuri de cazane de abur de mare putere pe lignit ;

— să se dezvolte cercetările şi proiectările pentru îmbunătăţirea fiabilităţii morilor de cărbune, a ventilatoarelor, a pompelor de alimentare şi a altor instalaţii anexe ale cazanelor ;

— să se dezvolte cercetările privind gazeificarea combustibililor inferiori şi aplicarea în practică a rezultatelor cercetărilor deja efectuate.

.a secţia de turbine cu abur—compresoare—ventilatoare instalaţii anexe :

— să se intensifice lucrările de îmbunătăţire a fiabilităţii grupurilor turbogeneratoare de 330 MW ;

— să se intensifice cercetările şi lucrările privind realizarea unei game tipizate de turbine recuperatoare de mică putere, pînă la 12 MW ;

— să se intensifice cercetările şi lucrările privind realizarea întregii game de compresoare, suflante şi ventilatoare necesare ramurilor economiei naţionale ;

— să se intensifice lucrările de cercetare şi proiectare privind realizarea grupurilor turbogeneratoare pentru energetica nucleară.

.a secţia de maşini electrice :

— să se dezvolte lucrările de cercetare, proiectare, producţie de generatoare electrice şi motoare electrice de nare putere atît pentru nevoile centralelor pe cărbune, ale centralelor nuclearo-electrice, cît şi pentru diferite ramuri ndustriale şi să se îmbunătăţească fiabilitatea acestora.

.a secţia de automatizări :

— să se dezvolte cercetările şi aplicaţiile sistemelor de automatizare a agregatelor din centralele electrice, cît şi ale instalaţiilor energotehnologice din industrie ;

— să se îmbunătăţească fiabilitatea instalaţiilor de automatizare din centralele electrice ;

— o atenţie deosebită să se acorde realizării unor sisteme de automatizare fiabile, pentru procesul de ardere din cazane şi din instalaţiile energotehnologice.

a secţia de surse noi de energie :

— să se continue cercetările privind studierea posibilităţilor de realizare a unor centrale electrice cu generatoare pe combustibili solizi ;

— să se intensifice cercetările privind generalizarea aplicaţiilor noilor tipuri de captatoare solare cu randamente ridicate ;

— să se dezvolte lucrările de cercetare şi proiectare pentru noi tipuri de captatoare solare cu randamente ridicate şi din materiale cu conţinut mai mic de energie ;

— să se dezvolte lucrările de cercetare şi de aplicaţii ale sistemelor moderne şi eficiente de acumulare a căldurii ;

— să se intensifice lucrările de aplicaţii ale instalaţiilor eoliene.

Dr. ing. Constantin Haiduc — ICSITEE

MANFRED GRATHWOHL: **Alimentarea cu energie — resurse, tehnologii, perspective,** ed. II, Ed. Walter de Gruyter, Berlin — New-York, 1983

Cartea tratează problemele actuale și de perspectivă ale energeticii la nivel mondial. Sînt analizate atît aspectele statistice și de prognoză ale dezvoltării energeticii, cît și aspectele tehnologice, considerînd energetica un domeniu vast, cuprinzînd toate problemele specifice, de la resurse primare pînă la consum.

Datele cu caracter statistic sînt prezentate pînă în anul 1981, pe plan mondial, pe continente, pe țări, cu referiri mai amănunțite la R.F.G. și S.U.A. Datele de prognoză acoperă un interval mare de timp, mai analitice pînă în anii 2000—2020 și mai sumare pînă în anul 2100.

Se arată că numeroase colective de specialiști din cadrul unor institute naționale, precum și din organizații internaționale, se ocupă în mod sistematic de deducerea unor legități statistice privind prognoza consumului de energie pe forme și purtători, precum și de implicațiile reciproce dintre dezvoltarea energeticii și cea a unor categorii social-economice (nivel de trai, demografie, ramuri ale economiilor naționale etc.).

Pornindu-se de la dinamica de creștere a populației și de la statistica consumului de energie primară pe plan mondial, cu extinderea prognozei pînă în anul 2000, se stabilește corelația dintre consumul de energie și populația globului : rata de creștere a consumului de energie este mai mare decît rata de creștere a populației, începînd din 1950. Se apreciază că, după 1980, rata de creștere a populației este (va fi) în continuă scădere.

Din analiza dinamicii consumului de energie primară pe cap de locuitor în intervalul 1955—1979 în diferite țări, rezultă aproape o proporționalitate directă între produsul social brut și consumul de energie primară, atît în valori absolute, cît și în valori relative (pe cap de locuitor).

Este analizat amănunțit consumul de energie și dinamica acestuia pe următoarele trei categorii de consumatori : încălzitul spațiilor, apă caldă și căldură în proces (deci restul căldurii, în afară de cea pentru încălzitul spațiilor), iluminat și forță. Fiecare din aceste trei categorii este subîmpărțită pe subcategorii : industrie, habitat și gospodărie comunală, transporturi. Pe plan mondial, la nivelul anului 1980, 36 % din energie se consumă pentru încălzitul spațiilor (5 % în industrie, 30 % în habitat și gospodărie comunală și 1 % în transporturi), 36 % pentru apă caldă și căldură în procese (25 % în industrie și 11 % în habitat și gospodărie comunală) și 28 % pentru iluminat și forță (4 % în industrie, 3 % în habitat și gospodărie comunală și 21 % în transporturi). Această statistică este reluată la nivelul diferitelor țări. Rezultă, în mod pregnant, un consum foarte mic de energie pentru instalațiile de forță și de iluminat și un consum considerabil de mare de energie pentru încălzitul suprafețelor de locuit.

Sînt analizate rezultatele concrete ale măsurilor de economisire a energiei, introduse după criza petrolului din 1973 și se prezintă prognoza consumului total de energie pînă în anul 2000, apreciind că acesta va ajunge la 15—17,9 mld.t c.c.

Din prognoza consumului de energie primară pînă în anul 2020 rezultă că o creștere mai accentuată a consumului este așteptată în țările în curs de dezvoltare, a căror ponderе va ajunge la 40 % în anul 2020 față de numai 15 % în anul 1980. În aceeași perioadă ponderea țărilor industrializate occidentale va scădea de la 57 % la 27 %. Ponderea țărilor socialiste rămîne constantă (28 %) în intervalul 1980—1990, dar va crește pînă la 33 % în anul 2020. În perioada 2010—2020 este de așteptat ca țările socialiste să depășească consumul de energie primară al țărilor OECD.

Din analiza variantelor de strategii privind acoperirea consumului prognozat de energie la nivelul anului 2020, pe plan mondial, rezultă că numai 50 % din acest consum va putea fi acoperit din combustibili fosili, restul trebuind să fie acoperit prin energia nucleară, hidro, resurse noi și combustibili sintetici.

Cu toate măsurile pentru economisirea petrolului, acesta va rămîne principalul purtător de energie primară pînă în anul 2000 (cu 6,6 mld. t c.c.), fiind urmat de cărbune (cu 5,8 mld. t c.c.) și gaze naturale (4,9 mld. t c.c.); energia nucleară va reprezenta numai 3,0 mld. t.c.c. Explicațiile constau în avantajele utilizării ușoare a combustibililor lichizi față de cărbune, dificultățile transformărilor tehnologice în vederea reducerii consumului de petrol și costul ridicat al investițiilor nucleare.

Modificări esențiale se estimează că vor avea loc abia în intervalul anilor 2000—2020 ; în anul 2020 se prognozează o creștere accentuată a energiei nucleare, ca purtător ce se va situa pe primul loc (cu 10,7 mld. t c.c.), urmat de cărbune (8,7 mld. t c.c.), gaze naturale (4,3 mld. t c.c.) și petrol (3,6 mld. tc.c.).

Este analizată pe larg prognoza potențialului energetic mondial (evaluarea rezervelor), pe baza rapoartelor de la Conferința Mondială de Energie din 1980. În privința rezervelor exploatabile de combustibil fosil pe plan mondial, ponderea cea mai mare o au huila și antracitul (46,8 %), urmate de lignit (19,2 %) și petrol (2,3 %). De menționat că ponderea combustibilului lichid este de numai 33,6 % la rezervele exploatabile.

Sînt evaluate producțiile maxime anuale ce pot fi obținute pe plan mondial, precum și anul de „saturație" — la care se va atinge producția maximă : pentru cărbune, după unele studii de prognoză se va atinge producția maximă de 8,7 mld t c.c. în anul 2020 ; pentru petrol — 3,75 mld t c.c. în anul 1995, pent gaze — 3,80 mld t c.c. în anul 200 Combustibilii neconvenționali (lichizi gazoși) vor atinge o producție 4,4 mld t c.c. în 2020.

Pentru fiecare tip de combustibil prezintă statistica pînă în 1981 și progno pînă în 2020, privind următoarele a pecte : repartiția geografică a producț (pe continente și țări), clasificarea calități, posibilități reale de exploata (repartiția geografică a rezervel geologice), repartiția geografică a co sumului (pe țări), importul și export (pe țări), ponderea diferiților combus bili în consumul anual (pe continent țări, piața comună, CAER, OPEC), d namica investițiilor totale și specifi (acestea din urmă manifestă o tendin de creștere continuă din cauza condițiil din ce în ce mai dificile, adîncimi m mari etc.) în industria extractivă.

În privința energeticii nucleare se fa o comparație între toate tipurile de rea toare naturale și se prognozează o cr tere accentuată a puterii instalate CNE de la 177 GW în 1981 la 424 487 GW în 1990 și circa 1000 GW în an 2000. Se constată o întîrziere foarte ma în realizarea reactoarelor de fuziun nu există nici un reactor în exploata curentă, deși combustibilul utilizat (de teriu), se află, practic, în cantități ne mitate.

Dintre tehnologiile nucleare analiza se evidențiază, prin eficiență ridicat posibilități de aplicare pe scară indu trială și preocupări de cercetare și ap care, următoarele : reactoare nuclea de înaltă temperatură tip THTR, rea toare nucleare răcite cu metale lichi (toate reactoarele rapide cu putere peste 250 MW sînt răcite cu sodiu), rea toare de fuziune (dintre acestea cele n mari șanse de a ajunge în stadiul de e ploatare industrială le au cele bazate tehnologia TOKAMAK).

Se analizează tehnologiile actuale și perspectivă privind utilizarea directă indirectă a energiei solare sub următo rele forme : transformarea directă căldură, utilizarea circuitului natural apei (energia hidraulică), utilizarea en giei vîntului și valurilor, fotosinte Se consideră că cel mai eficient și n răspîndit este sistemul de preparare apei calde pe bază de radiații solare ; viitor vor deveni la fel de importan aplicațiile privind sistemele de răcire energie solară.

Pentru utilizarea energiei solare, c este cea mai importantă din punctul vedere al economiei de energie, nu exi alternative pe termen lung, deoarece e vorba de o sursă de energie regenerabi a cărei utilizare — în limite largi — e „nepoluantă". Concepțiile diferă în neral numai asupra momentului în c valorificarea energiei solare va dev — prin utilizarea celor mai diferite p cedee — o componentă esențială în a gurarea cu energie. În acest sens, șans pe viitor ale procedeelor utilizării dire

indirecte a energiei solare pot fi eva-
ate foarte diferit din punctul de vedere
prezentului, în special realizarea unei
ilizări a energiei solare importante din
nctul de vedere al economiei de ener-
e, va fi diferită de la țară la țară și va
pinde probabil de o serie de factori.
stfel de factori importanți sînt: pozi-
a geografică, disponibilitatea și evolu-
a prețului altor purtători de energie
imară, capacitatea tehnologică și știin-
fică.

Procedeele cu perspectivă în valorifi-
rea energiei solare sînt, din punctul de
dere al prezentului — și în limitele unor
ne geografice — valorificarea energiei
lare cu colectoare de joasă tempera-
ră și utilizarea căldurii solare stocate,
pompe de căldură. Tehnologiile nece-
re în acest scop au fost elaborate deja.
ste însă important să se optimizeze sis-
mele solare globale, din punct de ve-
re tehnic și al costului, pe lîngă îmbu-
tățirea diferitelor componente. Ana-
ele necesarului de energie din țările
dustrializate dezvoltate arată că mare
rte a consumului de energie primară
utilizează în scopul producerii căldu-
de joasă temperatură. Aceasta este
cmai ceea ce ar putea să fie asigurat
n energia solară disponibilă, dar pentru
re se mai utilizează încă deseori com-
stibil fosil sau gaze naturale. Aceasta
seamnă că o mare parte din produsele
sile, respectiv din gazele naturale, poate
înlocuită prin energie solară.

Pentru colectoarele solare de mare
mperatură cu elemente concentratoare
pot deschide posibilități de aplicare, în
rile cu durată medie superioară a ra-
ției solare.

Dintre procedeele fotochimice de valo-
icare a energiei solare este importantă
omasa produsă prin procesul de foto-
teză. Totuși, producerea biomasei
s-a dovedit încă eficientă din punct de
dere economic, cu unele excepții.
rele dezavantaj al biomasei — com-
rativ cu resursele primare fosile de
ergie — constă în conținutul energetic
ecific redus, precum și în suprafețele
ri necesare pentru producerea bio-
sei, ceea ce duce, printre altele, la
eltuieli mari de colectare și transport.
rită atenție deosebită posibilitatea de
lorificare a energiei solare prin hidro-
n obținut pe cale fotolitică. Datorită
sibilităților de transport și stocare a
drogenului, acesta ar fi un procedeu
cient de valorificare pe viitor a ener-
i solare.

Energia electrică poate fi produsă atît
căldură obținută pe cale solară, cît
cu celule solare. Există tehnologii de
ză pentru ambele procedee, precum
o experiență de mai mulți ani privind
ulele solare, pe baza aplicării lor cu
ces la sateliți. Cheltuielile de investiții
ntru producerea energiei electrice cu
ule solare sînt cu mult mai mari, com-
rativ cu cele pentru centralele conven-
nale.

Un criteriu de evaluare din ce în ce
i important pentru valorificarea ener-
i solare îl constituie siguranța în asi-
rarea cu energie la nivel național. Pe
gă aceasta, energia solară ar trebui
să fie singura sursă de energie prin a
cărei utilizare să se poată neglija o in-
fluență globală posibilă a climei pe o peri-
oadă destul de mare pentru a soluționa
numeroase probleme actuale ale omenirii.

Valorificarea energiei vîntului a fost
deja testată, dar utilizarea ei pe scară
economică largă este problematică, din
cauza suprafeței necesare. În plus, în
unele țări se poate sconta pe o contri-
buție economică importantă a energiei
vîntului numai atunci cînd vor fi dispo-
nibile acumulatoare de energie eficiente
sau cînd se va ajunge la integrarea
energiei obținute în sistemele existente de
asigurare cu energie. Pe baza situației
actuale pe piețele energetice mondiale,
există totuși, în unele țări cu potențial
eolian mare, interese de valorificare a
acestuia, în special pentru alimentarea
cu energie a regiunilor izolate (alimentare
descentralizată cu energie).

Lucrarea cuprinde ample prezentări
(date statistice retroactive, date de prog-
noză, tehnologii) referitoare la urmă-
torii purtători de energie secundară:
energie electrică (producere: centrale
termoelectrice, centrale electrice de ter-
moficare, centrale hidroelectrice, celule
de combustie, grupuri magnetohidrodi-
namice, transport: linii în curent alter-
nativ sau curent continuu: purtători
lichizi; stocare; aspecte economice și de
exploatare: curbe de sarcină, ore de
utilizare pe an), termoficare (inclusiv
centrale termice), produse petroliere su-
perioare (prin rafinare), produse din căr-
bune (prin gazeificare, lichefiere, hidrare,
cocsificare), hidrogen (producere, trans-
port, stocare), purtători destinați con-
sumatorilor mobili (metanol, etanol, hi-
drogen, energie electrică: noi tipuri de
acumulatoare de mare capacitate).

Ca aspecte tehnico-economice și de
prognoză mai trebuie menționate urmă-
toarele:

— În numeroase țări există preocupări
deosebite pentru aplatizarea curbei zil-
nice de sarcină electrică. Posibilitățile
de aplatizare depind de structura centra-
lelor electrice din dotarea sistemelor elec-
troenergetice; astfel, o CNE are un nu-
măr mediu de 7000—8000 ore de func-
ționare pe an, pe cînd o CTE cu cărbune
de numai 3000—4000 ore. Pentru preluа-
rea vîrfurilor de sarcină se recomandă uti-
lizarea CHE cu acumulare prin pompaj
și a CTE cu turbine cu gaze. Printre so-
luții se menționează și acumularea de
aer comprimat ca metodă de stocare a
energiei pentru acoperirea vîrfurilor de
sarcină.

— În privința costului (investiții și
exploatare), se constată că CTE cu căr-
bune au o investiție specifică mai mică,
dar cheltuieli specifice de exploatare mult
mai mari decît CNE. Luînd în conside-
rare investițiile și cheltuielile curente re-
zultă că energia produsă de CNE este cu
aproape 50% mai ieftină decît cea pro-
dusă în CTE cu cărbune (huilă).

— De mare importanță tehnică și eco-
nomică în perspectivă este considerată
a fi lichefierea și gazeificarea cărbunelui,
dar trebuie să se țină cont de costul
foarte mare al instalațiilor. Într-o serie
de țări s-ar putea să fie mai avantajoasă
realizarea de combustibili sintetici. Nu se
poate trage o concluzie definitivă pri-
vind această problemă din cauza influen-
ței pe care o va avea sub aspect economic
evoluția prețului petrolului și al huilei
oferite la export.

Sînt analizate problemele ecologice și
de siguranță, legate de producerea, trans-
portul și utilizarea energiei. Analiza
cuprinde o tratare mai amplă decît cea
uzuală, incluzînd printre aspectele tra-
tate și poluarea provocată de marile pe-
troliere în timpul transportului combusti-
bilului lichid.

Printre problemele mai importante
legate de poluare, se numără: emisia
de substanțe nocive prin arderea combus-
tibililor fosili, consecințele creșterii con-
centrației de CO_2 în atmosferă (efectul
de seră), măsuri necesare contra poluării
cu substanțe radioactive și probleme spe-
cifice de poluare și protecție la centralele
cu fuziune nucleară. În privința concen-
trației de CO_2 în atmosferă se constată
o creștere exponențială în intervalul
1860—1980. Se prezintă prognoza evo-
luției concentrației de CO_2 și a creșterii
temperaturii medii pe pămînt pentru mai
multe scenarii privind evoluția consu-
mului de energie primară pînă în anul
2100. Se ajunge la constatarea că utili-
zarea intensivă a energiei nucleare și
solare în detrimentul combustibililor
fosili este singura soluție pentru ca emi-
siunea de CO_2 să rămînă în limite nepe-
riculoase.

Se arată că din punct de vedere eco-
logic, creșterea intensivă a consumului de
cărbune în scopul acoperirii necesităților
energetice și dezvoltarea prea lentă a
CNE poate avea drept urmare o creștere
a temperaturii medii pe pămînt cu 4°C
în anul 2020, ducînd la creșterea catastro-
fală a nivelului mărilor și la inundarea
litoralului mondial. Soluția acceptabilă
din punct de vedere ecologic este cea a
menținerii consumului de cărbune la
nivelul actual și a preluării creșterilor
de consum de către CNE. În acest caz,
temperatura medie va crește cu numai
0,75°C pînă în anul 2000, după care se va
reveni la temperatura normală.

În privința prevenirii și combaterii
poluării cu substanțe radioactive pro-
duse de CNE, sînt tratate următoarele
aspecte: prelucrarea și depozitarea sub-
stanțelor radioactive, analiza unor cazuri
de perturbații și accidente survenite la
CNE și măsuri pentru nerepetarea aces-
tora, elementele componente ale siste-
mului de siguranță al CNE.

Prin luarea măsurilor necesare de pro-
tecție în CNE, numărul de accidente pe
an este mai scăzut decît în aviația civilă
sau cel cauzat de explozii și emisiuni de
substanțe nocive în industrie.

În general, se acordă o atenție foarte
mare datelor statistice și cu caracter de
prognoză, precum și unor probleme de
economie energetică (balanțe, repartiții,
corelație producție-transformare-con-
sum), în timp ce tehnologiile sînt expuse
desul de sumar, fără o ierarhizare după
criterii tehnico-economice; de asemenea
nu se acordă o atenție cuvenită resurselor
secundare și recuperării energiei în sfera
consumatorilor.

Dr. ing. Iosif Cserveny

I. ȘORA **Utilizări ale energiei electrice**
Editura Facla, Timișoara, 1983, 352 p.

În contextul preocupărilor care vizează realizarea cît mai rapidă a independenței energetice a țării noastre, un loc însemnat îl ocupă și utilizarea cu maximă eficiență a energiei produse. Oricît de paradoxal ar părea la prima vedere este de subliniat că „sursa" nouă de energie cea mai economică și mai accesibilă la ora actuală este cea obținută prin economia de energie. Din această cauză conservarea combustibililor și energiei (în sensul de economisire a acestora) reprezintă una din sarcinile majore ale gspodăriei energetice din țara noastră. Sub acest aspect utilizările energiei, în special utilizările energiei electrice, trebuie să se subordoneze cerinței majore de economisire și raționalizare, evitînd risipa, indiferent de forma în care aceasta se poate manifesta.

În sensul celor de mai sus, cartea profesorului universitar dr. ing. I. Șora și colectiv privind utilizarea energiei electrice se înscrie fericit în ansamblul preocupărilor legate atît de ridicarea performanțelor tehnico-economice ale folosirii energiei electrice în industrie și în alte sectoare, cît și de utilizarea rațională a acesteia. Lucrarea la care ne referim este structurată pe 5 capitole, care includ o paletă largă de utilizări ale energiei electrice în industrie, transport și alte domenii.

Astfel capitolul 1, cu caracter introductiv, prezintă problemele fundamentale privind utilizarea rațională a energiei electrice referindu-se la : reducerea consumului specific de energie (creșterea eficienței în utilizarea energiei, aplatisarea curbei de sarcină, simetrizarea încărcării fazelor, particularități ale instațiilor de tracțiune electrică din punctul de vedere al consumului specific de energie ș.a) și, respectiv, la economia de energie electrică și factorul de putere. Subcapitolul care tratează problema factorului de putere în întreprinderile industriale cuprinde atît probleme de fundament (factorul de putere în regim sinusoidal simetric și, respectiv, în regim deformant), cît și probleme specifice electroenergeticii industriale : cauze și efecte ale circulației puterii reactive, soluții de limitare a acestei circulații (măsuri organizatorice, compensarea puterii și energiei electrice reactive prin mijloace specializate) și reducerea concomitentă a regimului deformant și a regimului reactiv — regimuri generate de receptoarele electrice industriale cu caracteristică volt-amper pronunțat neliniară (cu ajutorul filtrelor de armonici absorbante și de refulare).

Capitolul 2 al lucrării se referă la elementele fundamentale ale sistemelor moderne de acționare electrică și tratează o paletă largă de probleme din acest domeniu, cu accent pe cercetările la zi : acționări cu mașini de curent continuu și mutatoare alimentate de la rețeaua de curent alternativ, acționări electrice cu mașini de curent continuu alimentate prin variatoare de tensiune continuă, acționări cu mașini asincrone trifazate și mutatoare, acționări electrice cu comandă numerică, elemente privind energia reactivă și deformantă la sistemele de acționări electrice cu mutatoare.

Problemele privind sistemele moderne de tracțiune electrică cu line de contact formează obiectul capitolului 3 al lucrării care cuprinde : echipamente de tracțiune electrică în montaje cu mutatoare și, probleme specifice la recuperarea energiei prin frînare la echipamente de tracțiune cu mutatoare. În cadrul capitolului se insistă asupra elementelor de tracțiune modernă care impune comanda motoarelor de acționare prin mutatoare, soluție ce permite un consum mai redus de energie, realizarea modificării continue a vitezei de mers, o mai bună utilizare a rezervei de aderență, confort pentru pasageri prin realizarea regimurilor electromecanice tranzitorii (porniri, frînări, modificări de viteză) cu accelerație variabilă și deci diminuarea șocului. De asemenea, în aceste condiții, devine posibilă frînarea cu recuperare de energie, ceea ce poate avea efecte economice importante.

Capitolul 4 al cărții este rezervat instalațiilor și echipametelor electrotermice industriale. După expunerea cîtorva elemente generale ale instalațiilor electrotermice industriale sînt tratate următoarele probleme : încălzirea și sudarea electrică prin rezistență, încălzirea și sudarea cu arcul electric, încălzirea cu ajutorul cîmpului electromagnetic variabil și cuptoare cu fascicul de electroni.

Ultimul capitol al lucrării, capitolul 5, este rezervat problemelor privind instalațiile de iluminat electric pentru asigurarea unui regim economic de funcționare. După prezentarea problemelor fundamentale ale iluminatului electr (mărimi fotometrice, lămpi electrice pe tru iluminat), sînt tratate aparatele iluminat și problemele tehnice actua ale instalațiilor de iluminat electri folosirea frecvenței înalte la alimentar lămpilor fluorescente, calculul schemel electrice la aprinderea lămpilor fluor cente cu frecvență înaltă, variatoare flux luminos.

Poate n-ar fi fost lipsită de inter includerea unui capitol care să trate succint problematica utilizării energ electrice și în agricultură. Opinăm că nouă ediție a lucrării ar putea aborda această problemă.

Lucrarea are meritul de a sinteti esențialul din partea clasică a prob maticii prezentate și a insista asup elementelor moderne ale acesteia, accent pe grija privind economisirea utilizarea rațională a energiei electri Într-un număr relativ mic de pagini raport cu vastitatea subiectelor trata autorii reușesc să pună la dispoziția ci torilor interesați un material condens cu informații la zi, într-un domeniu mare importanță tehnico-econom pentru țara noastră.

Bazată pe o amplă bibliografie, p zentată pentru fiecare capitol în pa (în total 12 titluri), lucrarea pune valoare și cercetările autorilor-cunosc specialiști în țară și peste hotare în don niile abordate.

Prin conținut, formă de prezentare nivel, cartea întrunește calități știin fice și didactice remarcabile, ceea c conferă și o largă audiență în rîndul s cialiștilor din cercetare, proiectare, p ducție și învățămînt, prezentînd inte și pentru studenții electroenergetici sau alte specialități înrudite.

O notă de interes aparte prezintă c tea pentru specialiștii din domeniul en geticii industriale — domeniu confrun cu cerința majoră actuală, care se ref la reducerea consumurilor energet specifice în condițiile creșterii perf manțelor tehnico-economice ale pro selor.

Toate cele arătate dovedesc, crede contribuția prestigioasă a autorilor îmbogățirea literaturii de specialitate țara noastră în domeniul electroener ticii.

Ing. ROMULUS SFICHI — IRI
Suceava

INGINERUL NANU CLAUDIAN

la 60 ani de viață și 35 ani de activitate

Absolvent al Facultății de construcții promoția 1947 se încadrează în muncă la 1 martie 949 în Centrala industrială a energiei electrice din cadrul Ministerului Industriei.

Își începe activitatea de constructor în 1952 pe șantierul Bicaz și în continuare în drul Ministerului Energiei Electrice ca șef al sectorului de investiții și lucrări noi pînă în 962. De la această dată și pînă în 1971 conduce, în calitate de director general, Trustul de nstrucții și montaje energetice, avînd în execuție toate lucrările de construcție a centralelor rmoelectrice și a rețelelor electrice de înaltă tensiune, inclusiv montajul echipamentelor în ntralele hidroelectrice.

Prin munca neobosită depusă în coordonarea lucrărilor de investiții și prin organizarea asigurarea execuției acestor lucrări, inginerul Claudian Nanu a adus o contribuție deosebită punerea în funcțiune a principalelor obiective energetice, la apariția și dezvoltarea Sistemului nergetic Național. Au fost realizate sub coordonarea lui cîteva premiere pe țară, ca, de exemplu, nerea în funcțiune a primului grup de 330 MW în 1967, construirea primei linii de 400 kV 1965, realizarea interconexiuni cu țările vecine etc.

Pentru merite deosebite și realizările obținute este decorat cu ordine și medalii ale S. România, iar pentru realizarea interconexiunii cu R. P. Bulgaria, guvernul acestei țări îi nferă Ordinul Muncii cl. I.

Cu bogata sa experiență în conducerea activității de construcții, fără a-și părăsi pasiunea constructor, în ultimii ani, în calitate de director adjunct cu probleme de organizare și sala- are în minister, și-a adus și își aduce contribuția și la îmbunătățirea activității de exploatare centralele și rețelele electrice.

Inginerul și specialistul Claudian Nanu este gata oricînd să-și ajute colegii și colaboratorii. nără generație a găsit și găsește un sfat și un sprijin în orice situație, fără diminuarea exi- nței față de calitatea muncii și de modul de comportare. Pentru acest motiv este stimat și bit de colegi și de toți cei cu care a colaborat în decursul celor 35 de ani.

Îi urăm ani mulți cu sănătate, satisfacții personale și succese în continuare.

Redacția

ÎNTREPRINDEREA DE COMERŢ EXTERIOR

ENERGOIMPEX

Întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" a fost creat în anul 1977.

„ENERGOIMPEX" este singura întreprindere de comerţ exterio din R.P.Bulgaria, care importă cărbune energetic şi alţi agenţi energetic

În domeniul energiei electrice „ENERGOIMPEX" colaborează mult lateral în cadrul sistemului energetic unificat „MIR" al ţărilor socialist membre CAER.

„ENERGOIMPEX" întreţine legături comerciale strînse cu Turci Grecia şi R.S.F. Iugoslavia.

„ENERGOIMPEX" realizează construcţia liniilor electrice de tran port, a staţiilor de joasă, medie şi înaltă tensiune şi efectuează servi consulting în Libia, Angola, Siria etc.

În calitate de comisionar, Întreprinderea de comerţ exterio „ENERGOIMPEX" importă instalaţii şi echipamente pentru industria ene getică bulgară.

ENERGOIMPEX

Sofia, C.P. 801 Telefon 51.88.67, telex 2266

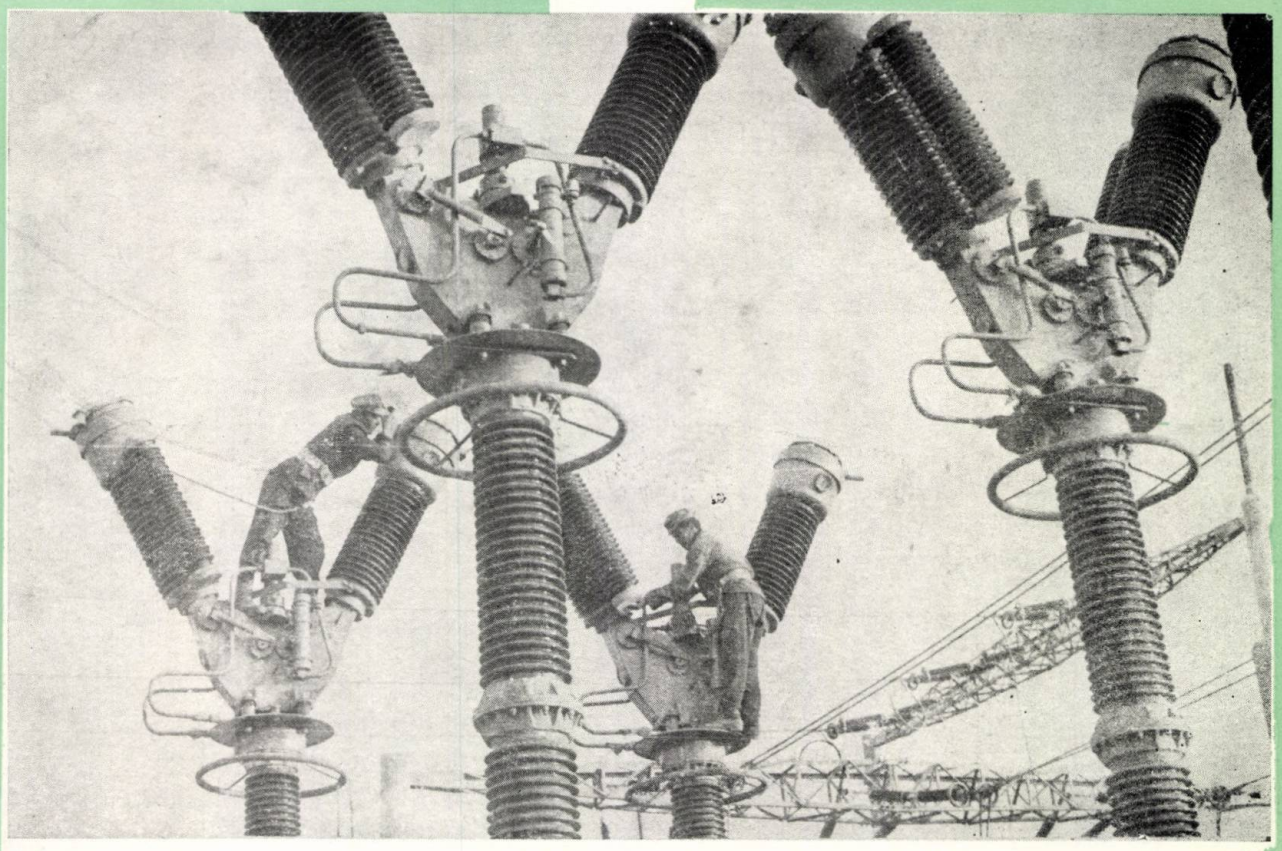
MUSZAKI INFORMÁCIÓS SZOLGÁLAT 1883

ROMELECTRO

INTREPRINDERE PENTRU
COMERT EXTERIOR

B - dul Lacul Tei, nr. 1 sector 2
Bucuresti 7000, c. p. 1 – 736
tel 12 13 26 – 12 05 51
TELEX : 10 449 roel r
BUCURESTI – ROMANIA

EXPORT • IMPORT • INSTALATII ENERGETICE • ENGINEERING • CONSULTING • ANTREPRIZA GENERALA



Romelectro Foreign Trade Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning.

Exports

- Studies, designs, technic assistance, expert s accounts in the power field as well as other specific engineering jobs ;
- Transformer and distribution substations and points ;
- High, medium and low voltage lines ;
- Rural electrification equipment ;
- Erection and assembling and power projects carried out abroad for thermo and hydropower stations, special civil works (cooling towers chimneys), dams, hydrotechnical constructions etc., export and transport of electric power ;
- Towers and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- Urban transport networks for trolley - buses.

ENERGOREPARAŢII

B-dul Mărăşeşti nr. 2, sectorul 5, Bucureşti.
Telefon: 23.26.40. Telex: 011635. – Cod poştal 774170.

EXECUTA

INTREPRINDEREA "ENERGOREPARATII"

Produce piese de schimb pentru : turbine cu abur ; turbine hidraulice ; cazane de abur ; staţii de aer comprimat ; pompe centrifuge ; ventilatoare de aer şi gaze ; instalaţii pentru pregătirea combustibilului şi execută şi lucrări de recondiţionare a acestora.

Execută lucrări de reparaţii la : turbine, generatoare şi motoare electrice.

Execută produse de mecanizare a lucrărilor de construcţii, montaj şi reparaţii din centralele electrice, staţiile de transformare şi reţele electrice; aceste produse fiind utilizate şi în alte ramuri ale economiei naţionale, în scopul măririi productivităţii muncii şi îmbunătăţirii calităţii lucrărilor.

1984 DEC 5

2059

MW

6

REFERALVA

Energia (Victor)

VOLUMUL XXXII
BUCUREŞTI
IUNIE 1984

energetica

0 6 12 18 24

M.I.C.M. - C.I.U.E.M.

ICSITEE

INSTITUTUL DE CERCETARE STIINTIFICA SI INGINERIE TEHNOLOGICA PENTRU ECHIPAMENTE ENERGETICE

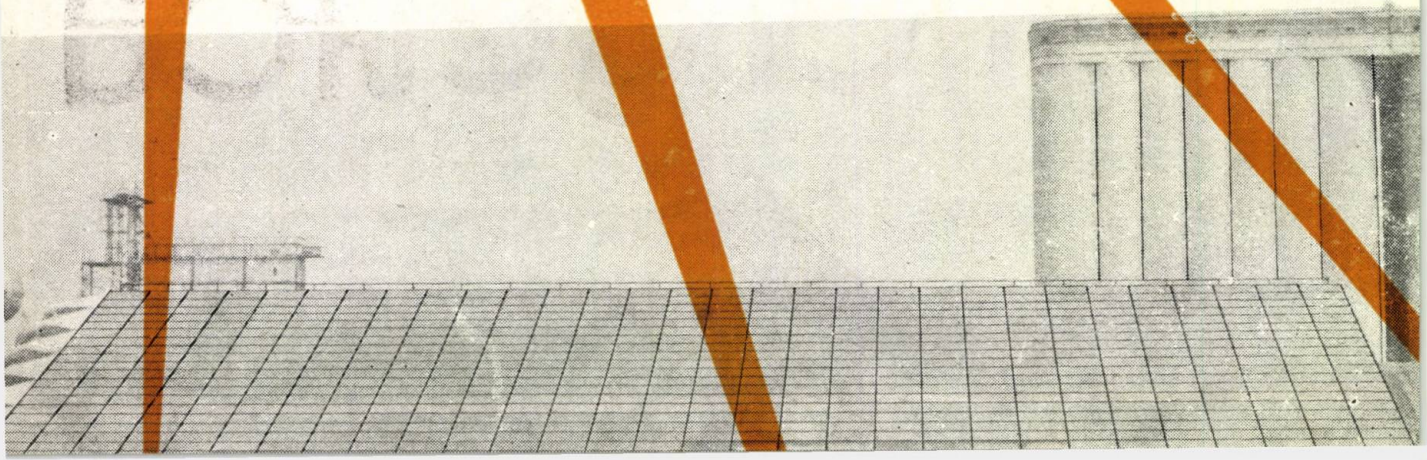
Sos. Berceni nr. 104 Sector 4 Bucureşti P.O.B. 1619 Tel. 83. 20. 70, sector cercetare 204240

Within the thermotechnical activity different technical solutions concerning the solar energy conversion and use in the technical processes are developed with thermal agents with temperatures up to 60°C.

The thermal agent can be :
- water ;
- air ;
- special fluids ;
- technological fluid.

In collaboration with Research and Design Institutes develops technical solutions for the use of solar energy in technological processes wich impose temperatures between 60-100°C through the technology adaptation with or without the equipment removal.

Solar energy saves :
- 80 t.c.c./1,000 m^2 year or ;
- 480 t coal (with P=1,600 kcal/kg 1,000 m^2 year);
- fuel transport ;
- fuel management ;
- ash removal and transport (in the case of coal).



ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Biroul de redacţie

Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Dr. ing. **Nicolae Armencoiu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Gheorghe Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Eugeniu Pavel** (secretar de redacţie)

Membri

Ing. **Paul Cartianu**
Dr. ing. **Jean Constantinescu**
Dr. ing. **Mario Duma**
Dr. ing. **Alexandru Florescu**
Ing. **Horia Furtunescu**
Ing. **Nicolae Georgian**
Ing. **Dan Iosifescu**
Dr. ing. **Gheorghe Luca**
Dr. ing. **George Manolescu**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Ing. **Ion Măiereanu**
Ing. **Nicolae Niculescu**
Ing. **Mihai Nistor**
Dr. ing. **Teodor Popa**
Ing. **Miron Popescu**
Dr. ing. **Victor Romert**
Ing. **Romulus Sfichi**
Ec. **Gheorghe Ursache**
Ing. **Romeo Zbarcea**

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon: 20 67 30; 21 46 30

Cod. 2272

I. P. Informaţia, str. Brezoianu, nr. 23—25, Bucureşti, sector 1.

OROSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1828

ANUL 32 **6** IUNIE 1984

Cuprinsul

ARTICOLE

Margareta Tomescu, Valentina Bălan, Dumitru Fătu: **Analiza prin aspecte IR şi termodiferenţială a şisturilor bituminoase din bazinul Anina** (cu prezentare în limba engleză) 245—249

Abdulah Nabijovici: **Consideraţii asupra utilizării instalaţiilor de by-pass în schemele centralelor** 249—255

Mihai Rusu, Georgeta Rusu: **Detectarea automată a oscilaţiilor de tensiune în cazul funcţionării asincrone a sistemelor energetice** 255—265

Mihai Moga, Andras Jenes: **Reglajul tensiunii şi puterii reactive pe baza diagramelor de funcţionare limită a unei centrale electrice interconectate într-un sistem electroenergetic** 266—270

SCHIMB DE EXPERIENŢĂ ÎN EXPLOATARE

Ovidiu Mustaţă, Romulus Sfichi, Ovidiu Lungu, Oliviu Reziuc, Samuel Blumenfeld, Dan Moruz: **Posibilităţi de creştere a aportului sectorului forestier la îmbunătăţirea balanţei energetice** 271—273

INVENŢII—INOVAŢII 273—274

CERCETARE BIBLIOGRAFICĂ 274—279

ENERGETICA PESTE HOTARE

Perspectivele utilizării resurselor energetice neconvenţionale în U.R.S.S. 279—282

DE LA COMITETUL NAŢIONAL ROMÂN AL CIGRE

A XXX-a sesiune a CIGRE 283—284

CRONICĂ

A IX-a sesiune anuală asupra stocării energiei termice 283—285

RECENZIE 285—286

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomîrleanu**
dr. ing **Gh. Popa**
ing. **A. Roșu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Tureu**

În revista „Energetica" se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — șeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 2272

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

Readers from abroad can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă P.O. Box 12-201, telex 10376 prsfir. București, Calea Griviței nr. 64—66.

СОДЕРЖАНИЕ

Маргарета Томеску, Валентина Бэлан, Думитру Фэту: **Спектральный и теплодифференциальный анализ битуминозных сланцев бассейна Анина (с изложением на английском языке)** 245—249

Абдулах Набиджович: **Соображения по вопросу использования байпасных установок в схемах электростанций** 249—255

Михай Русу, Джорджета Русу: **Автоматическое детектирование колебаний напряжения при асинхронном действии энергетических систем** 255—265

Михай Мога, Андраш Женес: **Регулировка напряжения и реактивной мощности на основе диаграмм предельного действия электростанции, объединённой к электроэнергетическому систему** 266—270

ОБМЕН ОПИТОМ В ЭКСЛУАТАЦИИ

Овидю Мустацэ, Ромулус Сфики, Овидю Лунгу, Оливю Резюк, Самуел Блуменфелд, Дан Моруз: **Возможности увеличения вклада лесной промышленности в улучшение энергетического баланса** 271—273

ИЗОБРЕТЕНИЯ — НОВАТОРСТВА 273—274

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ 274—279

ЭНЕРГЕТИКА ЗА РУБЕЖОМ

Перспективы развития неусловных энергетических ресурсов в СССР 279—282

ПОСЛЕДНИЕ ИЗВЕСТИЯ ОТ РУМЫНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО КОМИТЕТА СИГРЕ 283—284

30-ая сессия СИГРЕ

ХРОНИКА

IV-ое годовое Совещание по вопросу запасов тепловой энергии 284—285

РЕЦЕНЗИЯ 285—286

INHALTSVERZEICHNIS

Margareta Tomescu, Valentina Bălan, Dumitru Fătu: **Die Spektralanalyse mit IR-Strahlen und die thermogravimetrische Analyse der bituminösen Schiefer aus dem Kohlebecken Anina** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 245—249

Abdulah Nabijovici: **Betrachtungen über die Anwendung der By-pass-Anlagen in Kraftwerksanlagen** 249—255

Mihai Rusu, Georgeta Rusu: **Die automatische Bestimmung der Spannungsschwankungen im Falle des asynchronen Betriebs der Elektroenergiesysteme** 255—265

Mihai Moga, Andras Jenes: **Die Regelung der Spannung und der reaktivem Kraft anhand der Grenzbetriebsdiagrammen eines zu einem Elektroenergiesystem verbundenen Kraftwerkes** 266—270

ERFAHRUNGSAUSTAUSCH IM BETRIEB

Ovidiu Mustață, Romulus Sfichi, Ovidiu Lungu, Oliviu Reziuc, Samuel Blumenfeld, Dan Moruz: **Möglichkeiten der Intensivierung des Beitrags der Forstwirtschaft zur Verbesserung der Energiebilanz** 271—273

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 273—274

BIBLIOGRAPHISCHE FORSCHUNG 274—279

DIE ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND

Anwendungsaussichten für nichtkonventionelle Energiequellen in der UdSSR 279—282

VOM RUMÄNISCHEN NATIONALKOMITEE DES CIGRE
Die 30. Tagung des CIGRE 283—284

CHRONIK

Die 4. Jahresberatung über die Speicherung der Wärmeenergie 284—285

REZENSION 285—286

SOMMAIRE

Margareta Tomescu, Valentina Bălan, Dumitru Fătu: **Analyse par spectres IR et thermodifférentielle des schistes bitumineux du bassin Anina** (a présentation en anglais) 245—249

Abdulah Nabijovici: **Considérations sur l'utilisation des installations de by-pass dans les schémas des centrales** 249—255

Mihai Rusu, Georgeta Rusu: **Détection automatique des oscillations de tension dans le cas du fonctionnement asynchrone des systèmes énergétiques** 255—265

Mihai Moga, Andras Jenes: **Réglage de la tension et de la puissance réactive sur la base des diagrammes de fonctionnement limite d'une centrale électrique interconnectée dans un système électroénergétique** 266—270

ECHANGE D'ÉXPERIENCE EN ÉXPLOITATION

Ovidiu Mustață, Romulus Sfichi, Ovidiu Lungu, Oliviu Reziuc, Samuel Blumenfeld, Dan Moruz: **Possibilités d'accroissement de l'apport du secteur forestier à l'amélioration de la balance énergétique** 271—273

INVENTIONS-INNOVATIONS 273—274

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE 274—279

L'ENERGÉTIQUE À L'ÉTRANGER

Les perspectives de l'utilisation, des ressources énergétiques non conventionnelles en URSS 279—282

DU COMITÉ NATIONAL ROUMAIN DU CIGRÉ
La XXX-ème session du CIGRE 283—284

CHRONIQUE

La IX-ème Session annuelle sur le stochage de l'énergie thermique 284—285

COMPTE-RENDU 285—286

SUMMARIES

DC 665.521.8 ; 537.531 ; 535.3

Margareta Tomescu, Valentina Bălan, Dumitru Fătu: **IR Spectres and Thermal Differential Analysis of Bituminous Shales of the Anina Basin** (with a presentation in English)

The paper presents the characteristics of the Romanian bituminous shales of the Anina Basin by IR spectres, by diffraction spectres and by the thermogravimetric and

thermal differential analysis to the purpose of knowing the structural peculiarities which determine their physical chemical and energetic properties.

[Energetica 32 (1984), nr. 6, p. 245—249]

DC 621.311 ; 621.3.002.5

Abdulah Nabijovici : **Considerations upon the Use of By-Pass Equipment in Power Plants Schemes**

The paper analyzes the necessity and opportunity of by-pass equipment in power plants schemes and shows the influence of such equipment on the utilities life and on the thermal agent economical use. A general presentation of reduction-cooling installations which the by-pass equipment consist of is given as well as the detailed analysis of phenomena which occur inside and the location of every phenomenon incide the equipment. Finally, the type and characteristics pf the by-pass installations used with Romanian made units is presented.

[Energetica 32 (1984), nr, 6, p. 249—255]

DC 621.311 ; 538.551.43

Mihai Rusu and Georgeta Rusu : **Automatic Pendulation Detection in Case of Asynchronous Operation of Energy Systems**

An original device built with integrated circuits contributing to maintaining the electric energy system stability in case of voltage pendulations occurence is presented.

The experimental tests have proved that the device is selective, safe, rapid, sensitive and economic, meeting the requirements of energy systems.

[Energetica 32 (1984), nr. 6, p. 255—265]

DC 621.311 ; 538.551.43

Mihai Moga and Andras Jenes : **Voltage and Reactive Power Control on the Basis of Boundary Operation Diagrams of an Electric Power Plant Connected to an Electric Energy System**

The voltage and reactive power control in an electric power plant, conditioned by several restrictions, imposes the establishing of the operation point voltage level at the terminals and of the generated reactive power (U— Q) for every plant loading regime. The admissible operation points in this level, for a certain range of active loading, constitutes a surface closed by the boundary operation diagrams, defined in the present paper.

The paper proposes the use of those boundary operation diagrams, regarding the carrying out of the voltage and reactive power control at an electric power plant, considered in an electric energy system reduced. The paper also discusses the restrictions considered, the manner of obtaining the diagrams and the considerations regarding their practical application.

[Energetica 32 (1984), nr. 6, p. 266—270]

EXCHANGE OF EXPERIENCE IN OPERATION

Ovidiu Mustață, Romulus Sfichi, Ovidiu Lungu, Oliviu Reziuc, Samuel Blumenfeld, Dan Moruz : **Possibilities to Increase the Contribution of the Forrestry Department to the Improvement of the Energy Balance** 271—273

INVENTIONS-INNOVATIONS 273—274

BIBLIOGRAPHICAL RESEARCH 274—279

ENERGY ABROAD

Nonconventional Energy Sources Prospective Use in the USSR 279—282

FROM THE ROMANIAN NATIONAL COMMITTEE OF THE CIGRE

The 30-th CIGRE Session 283—284

CHRONICS

The 30-th Annual Conference About Thermal Energy Storage 284—285

REVIEW 285—286

The IR Spectres and Thermodifferential Analysis of the Bituminous Shales from the Anina Basin

(Condensed from the paper in Romanian)

Margareta Tomescu, D. Sc., Valentina Bălan, D. Sc., D. Fătu, D. Sc.

The paper contains a characterization of the Romanian bituminous shales of the Anina basin, by IR spectres, diffraction spectres and by thermodifferential and thermogravimetric analysis for the knowledge of structural peculiarities on which their physical chemical and energetic properties depend.

The experimental part

The bituminous shales samples have been tested at environmental temperature, at constant weight, ground in a mortar and sieved with a granulation of 0.2 mm. The IR spectres of the bituminous shale and of a lignite from the Tismana basin have been registered in a KBr tablet in the field of 400—4 000 cm^{-1}. The X-rays analysis was carried out with an X-ray Philips diffractiometer with a vertical goniometer, a potentional counter and a Chromium anticathode.

The thermal behaviour of the bituminous shale has been studied by tracing with a recording driftmeter built by MOM-Budapest of the type Paulik-Erdey the thermogravimetric curve (TG), the thermogravimetric derivatives (TGD) and the thermodifferential analysis (ATD). The samples have been tested at 10°C/min in static atmospheric air. The thermal effect of the thermal oxidation decomposition process has been evaluated by measuring the area between the ATD curve and its basic line. To this purpose it has been considered that in a first approximation the value of the thermal effect is proportional to the ATD peak area. The proportionality constant has been determined as compared to the Cadmium carbonate decomposition process thermal effect; the shale samples have been diluted with Al_2O_3 in a mass proportion Al_2O_3/shale sample = 3/1.

The paper presents the IR spectres of the bituminous shale. It can be seen that the frequencies characteristic to the organic mass occur in the field 3700—700 m^{-1}. The area between 900—650 cm^{-1} presents the characteristic bands of the polinuclear aromatic structure to that they can be used for identification.

From the studies carried out on coals the macromolecular structure of the organic mass with structural units consisting of aromatic nuclea policondensed with aliphatic chains which contain functional groups with O, N and S is known. Within the bituminous shale IR spectre between 890—680cm^{-1} the deformation vibrations characteristic bands outside the C—H bands plan from the aromatic policondensed system with different substitution degrees in different positions is stated.

The C—H connections valence vibrations of the CH_2 groups of lateral chains occur at a high intensity at 2950cm^{-1} and 2835 cm^{-1}.

The OH phenol groups appear on the spectre at 3600cm^{-1} and the Oh alcoholic groups of lateral chains appear at 3680 cm^{-1} and 6640 cm^{-1}.

Due to the valence vibrations superpositions of the NH groups, of the associated alcoholic OH groups and of the crystallisation water from the field 3200—3400 cm^{-1} the assignment of the wide band from 3420 cm^{-1} is not sure.

The mineral component of the shale presents following characteristic bands within the IR spectre: the band from 3680cm^{-1} assigned to the cla mineral of the sterile the bands of the domain 700—400 cm^{-1} assigned to some metal oxides of the sterile, i.e. carbonates CO_3^{2-}: 720—680 cm^{-1}), quartz (SiO_2: 475—600 cm^{-1}) and silicates (SiO_4^{4-}: 470—540 cm^{-1}), alumina hydrate (AlO_2^-: 560—525 cm^{-1} and 480—480 cm^{-1}). At the assignment of the bands of this spectre field the characteristic absorbtion of the S—S links from 550—450 cm^{-1} are considered.

The paper indicates the relative intensity (I/I_0) of the X-rays diffraction maxima, the equidistance d expressed in A° of crystalline planes and the crystalline phases identified in the noncalcinated bituminous shale II sample, the relative intensity oscillating between 9.4—100% and the equidistance d oscillates between 1.516 and 3.597. The crystalline phase consists of α quartz and siderite.

The table presents the X-ray analysis data of the bituminous shale ash sample II.

The phases identified in the quartz and Fe_2O_3 shale ash obtained by the siderite decomposition reaction

$$2FeCO_{3(s)} + 1/2\ O_{2(g)} = Fe_2O_{3(s)} + 2\ CO_{2(g)} + 27.204\ kcal$$

are presented as well.

The figures with the TG, TGD and ATD curves for two bituminous shales types are presented in the paper and their characteristics in Table 3. The resembling shape of the two curves indicates a similar behaviour during their analysis as well. It is noticed that up to 200°C the endothermal dehydration and absorbed water and zeolitic water vaporization process takes place.

The releasing and burning of volatiles and tars continues up to 500°C and is witnessed by large weight loss. Over the exothermal burning process an endothermal process is superposed which begins at 420°C and ends at 630°C and which corresponds to the elimination of OH groups of the caolin clay from the sterile and to the ironstones decomposition. At 890°C begins the lighid phase during which the anorganic mass melts while at 920°C begins the exothermal crystallization process of the spinel from the melting formed by the reaction

$$MgO + Al_2O_3 \rightarrow MgAl_2O_4$$

The exothermal process presents a maximum at 950°C,

The the mal effects of the thermal oxidation decomposition process of bituminous shales samples calculated from the ATD curve are: $Q_{shale\ I} = 690.7$ kcal/kg and $Q_{shale\ II} = 1075$ kcal/kg.

The heating value of the studied bituminous shales is smaller due to the presence in its composition of the siderite. The decomposition reaction of siderite is enothermal and the CO_2 released during decomposition partially slows down the oxygen diffusion needed for the organic shale mass burning.

The burning of the shale is further impeded by the quartz, not as much b the low endothermal effect of the transformation $\alpha\ SiO_2 \rightarrow \beta\ SiO_2$ whoch occurs at 547°C but mostly by the oxygen diffusion slow down and the recombination of the free radicals which provide the propagation in a splitting chain of the burning reactions at the surface of SiO_2 particles.

Analiza prin spectre IR și termodiferențială a șisturilor bituminoase din bazinul Anina

Dr. ing. Margareta Tomescu, dr. ing. Valentina Bălan, dr. ing. Dumitru Fătu*)

Criza mondială de energie ridică problema utilizării raționale a rezervelor de combustibili inferiori. Valorificarea lor complexă, cu randament maxim la ardere nu este posibilă fără cunoașterea proprietăților energetice și fizico-chimice, care depind de structura chimică.

În această lucrare ne propunem să analizăm șisturile bituminoase românești din bazinul Anina prin spectrele IR (infraroșu), prin spectrele de difracție și prin analiza termogravimetrică și termodiferențială.

Partea experimentală

Probele de șist bituminos au fost uscate la temperatura ambiantă, la greutate constantă, mojarate și sitate, fiind aduse la o granulație de 0,2 mm.

Spectrele IR ale șistului bituminos și ale unui lignit din bazinul Tismana, au fost înregistrate în pastila de KBr cu un spectrofotometru, în domeniul 400—4000 cm^{-1}.

Analiza roentgenografică a fost efectuată cu ajutorul unui difractometru de raze X, Philips, având goniometru vertical, contor potențional și anticatod de crom.

Comportarea termică a șistului bituminos a fost studiată prin trasarea, cu ajutorul unui derivatograf MOM — Budapest tip Paulik—Paulik Erdey, a curbei termogravimetrice (TG), termogravimetrice derivate (TGD) și de analiză termică diferențială (ATD).

Probele au fost încălzite cu 10°C/min în atmosferă statică de aer. Ca material inert de referință s-a folosit Al_2O_3, calcinat în prealabil la temperatura de 1000°C.

Efectul termic al procesului de descompunere termooxidativă a șistului bituminos a fost evaluat prin măsurarea ariei cuprinse între curba ATD și linia de bază a acesteia. În acest scop s-a considerat că, în prima aproximație, valoarea efectului termic este proporțională cu aria vîrfului ATD.

Constanta de proporționalitate s-a determinat în raport cu efectul termic al procesului de descompunere a carbonatului de cadmiu. Erorile cauzate de proprietățile termice diferite ale materialului de referință față de cele ale probelor au fost parțial eliminate prin diluarea acestora din urmă cu Al_2O_3 în proporție de masă de Al_2O_3/probă șist = 3/1.

Rezultate și discuții

În figura 1 se prezintă spectrul IR al șistului bituminos. Pentru interpretarea spectrelor IR s-au folosit datele din literatură [1—9] referitoare la cărbuni, la compuși organici și anorganici, cu grupe funcționale similare celor întîlnite în șisturile bituminoase .

Frecvențele caracteristice masei organice apar în spectrele IR în domeniul 3700—700 cm^{-1}. Studiile efectuate pe cărbuni au demonstrat existența unei structuri macromoleculare a masei organice în care unitatea structurală este alcătuită din nuclee aromatice policondensate cu numeroase catene laterale alifatice care conțin grupe funcționale cu O, N, S. Regiunea cuprinsă între 900—650 cm^{-1} prezintă diferite benzi caracteristice structurii aromatice polinucleare, deci poate fi utilizată pentru identificarea ei. În spectrul IR al șistului bituminos se observă între 890—680 cm^{-1} benzile caracteristice vibrațiilor de deformare în afara planului ale legăturilor C—H din sistemul aromatic policondensat cu diferite grade de substituție, în diferite poziții.

Vibrațiile de valență ale legăturilor C—H din grupele CH_2 din catenele laterale apar în spectrul IR cu intensitate mare la 2950 cm^{-1} și 2835 cm^{-1}.

Grupele OH fenolice se identifică prin banda intensă de la 3600 cm^{-1}, iar grupele OH alcoolice din catenele laterale se identifică prin banda intensă de la 3680 cm^{-1} și 3640 cm^{-1}.

Atribuirea benzii late de la 3420 cm^{-1} nu este sigură, deoarece în domeniul 3200—3400 cm^{-1} au loc suprapuneri ale vibrațiilor de valență ale legăturilor NH, ale grupelor OH alcoolice asociate prin punți de hidrogen și ale vibrațiilor caracteristice apei de cristalizare.

Frecvențele caracteristice șistului au fost identificate de unii autori [1—3] în spectrul cărbunilor în domeniile 3700—3450 cm^{-1}, 1250—900 cm^{-1} și 700—400 cm^{-1}.

Partea minerală din cărbune, și în special din șistul bituminos, include minerale silicioase ca silicea, amestecuri de silicați, minerale care

* Dr. ing. Margareta Tomescu și dr. ing. Dumitru Fătu sînt s.l. la I.P.B., iar dr. ing. Valentina Bălan este cercetător științific la ICEMENERG.

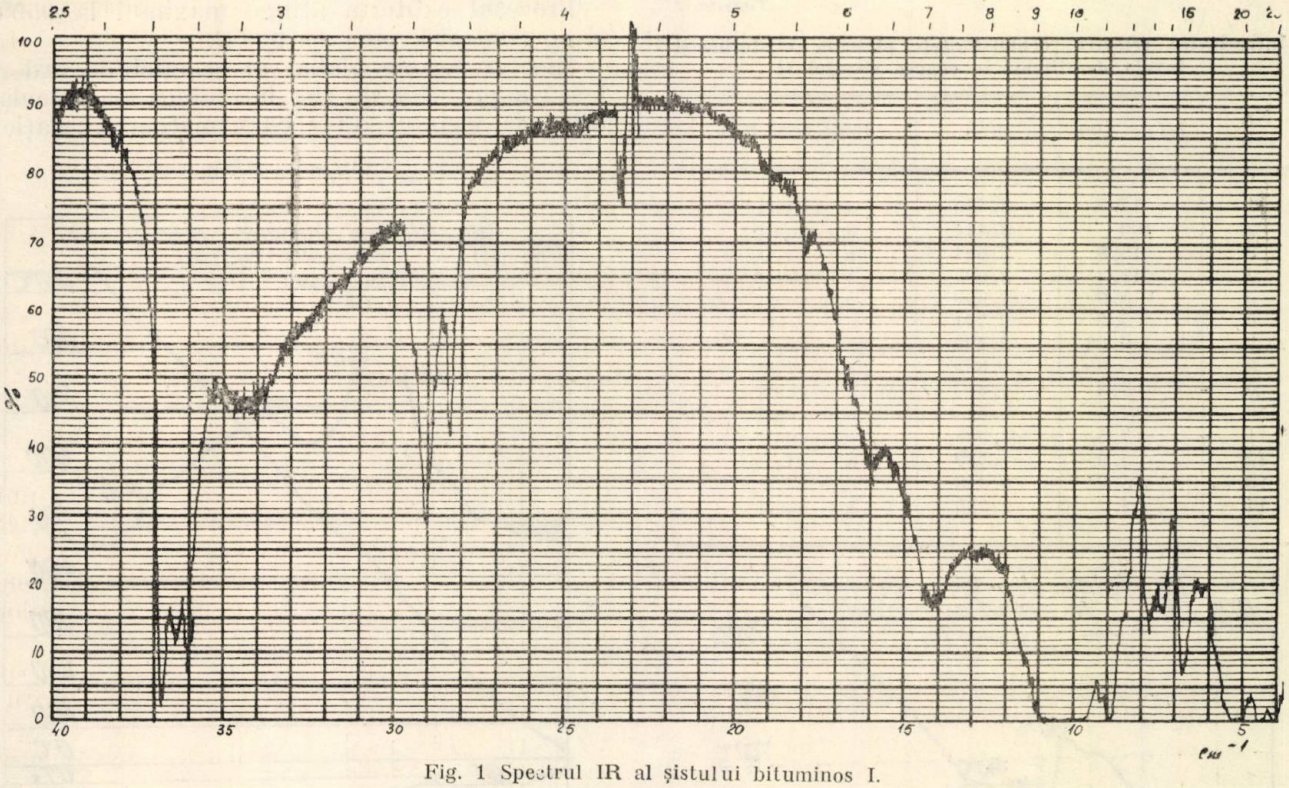


Fig. 1 Spectrul IR al şistului bituminos I.

conţin calciu, ca de exemplu calcit şi dolomit. În şistul bituminos, materia organică apare în combinaţie cu partea minerală care formează roca de bază.

Ţinînd seama de indicaţiile din literatura de specialitate, banda intensă de la 3680 cm^{-1} poate fi atribuită conţinutului de mineral argilos din steril.

Benzile din domeniul 700—400 cm^{-1} au fost atribuite [3, 8] unor oxizi metalici din steril. Considerăm ca o contribuţie posibilă din acest domeniu al spectrului, a carbonaţilor (CO_3^{2-}: 720—680 cm^{-1}), cuarţului (SiO_2: 475—400cm^{-1} silicaţilor (SiO_4^{4-}: 470—540 cm^{-1}) şi aluminei hidratate (AlO_2^-: 560—515 cm^{-1} şi 480—450cm^{-1}). Desigur la atribuirea benzilor din domeniul 700—400 cm^{-1} trebuie avută în vedere absorbţia caracteristică legăturilor S—S de la 550—450 cm^{-1}.

În tabelul 1 se indică intensitatea relativă (I/Is) × 100 a maximelor de difracţie cu raze X, echidistanţa *d* exprimată în Å a planelor cristaline, precum şi fazele cristaline identificate în proba de şist necalcinat.

Se observă că partea minerală cristalină din şist este alcătuită din cuarţ şi siderit.

În procesul de ardere al şistului, sideritul se descompune conform ecuaţiei termodinamice :

$$2FeCO_{3(s)} + 1/2\ O_{2(g)} \rightarrow Fe_2O_{3(s)} + 2\ CO_{2(g)} + \\ + 27{\cdot}204\ kcal.$$

Tabelul 1

Intensitatea relativă, echidistanţele planelor cristaline şi fazele identificate în şistul bituminos II

Nr. crt.	$I/I_0 \times 100$	d(Å)	Faza cristalină
1	28,3	2,756	α — cuarţ (SiO_2)
2	33	3,597	Siderit ($FeCo_3$)
3	100	3,357	α — cuarţ
4	27,4	2,809	Siderit
5	9,4	2,449	α — cuarţ
6	9,4	2,285	α — cuarţ
7	15,1	2,132	α — cuarţ
8	12,3	1,820	α — cuarţ
9	9,4	1,735	Siderit
10	11,3	1,516	α — cuarţ

Cenuşa rezultată după arderea şistului conţine, în conformitate cu datele roentgenografice prezentate în tabelul 2, α cuarţ şi αFe_2O_3.

În figurile 2 şi 3 se prezintă curbele TG, TGD şi ATD pentru două sorturi de şist bituminos din bazinul Anina (tabelul 3). Alura asemănătoare a ambelor derivatograme indică o comportare similară la încălzire în aer a celor două sorturi de şist.

Din figura 2 se observă că pînă la 200°C are loc procesul endoterm de eliminare şi vaporizare a apei de adsorbţie şi a apei zeolitice din şist. Picul endoterm foarte slab de pe curba ATD este mascat de procesul puternic exoterm al degajării şi arderii volatilelor şi gudroanelor, care continuă pînă la 500°C şi care este însoţit de o pierdere mare de greutate. Peste procesul

Tabelul 2

Intensitatea relativă, echidistanţele planelor cristaline şi fazele identificate în cenuşa şistului II

Nr. crt.	$I/I_0 \times 100$	d(Å)	Faza cristalină
1	17,5	2,449	α — cuarţ
2	100	3,444	α — cuarţ
3	15,8	2,694	α — Fe_2O_3
4	13,3	2,508	α — Fe_2O_3
5	5,9	2,450	α — cuarţ
6	5,9	2,741	α — cuarţ
7	6,68	2,193	α — Fe_2O_3
8	5,85	1,835	α — Fe_2O_3
9	8,3	1,812	α — cuarţ
10	7,5	1,688	α — cuarţ
11	7,5	1,538	α — cuarţ
12	5,9	1,489	α — Fe_2O_3
13	5,9	1,448	α — Fe_2O_3
14	4,2	1,385	α — cuarţ

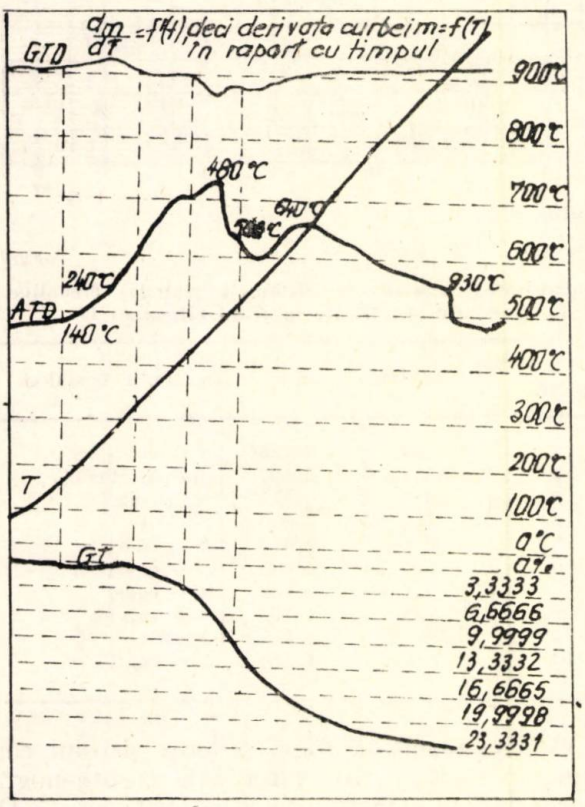


Fig. 2 Derivatograma înregistrată în aer pentru şistul bituminos I; masa probei: 0,75260 g.

exoterm se suprapune un proces endoterm, care începe la 420°C, se termină la 630°C şi corespunde eliminării grupelor OH din argila caolinică, din steril şi descompunerii carbonaţilor de fier.

La 890°C apare faza lichidă formată din topirea masei anorganice, iar la 920°C începe procesul exoterm de cristalizare a spinelului din topitură, spinel rezultat din reacţia chimică:

$$MgO + Al_2O_3 \rightarrow MgAl_2O_4.$$

Procesul exoterm atinge maximul la 950°C şi se continuă pînă la 990°C.

Efectul termic global al reacţiei de ardere lentă a probelor de şist bituminos s-a calculat din aria vîrfului ATD cu următoarea relaţie:

$$Q/Qe = S/Se.$$

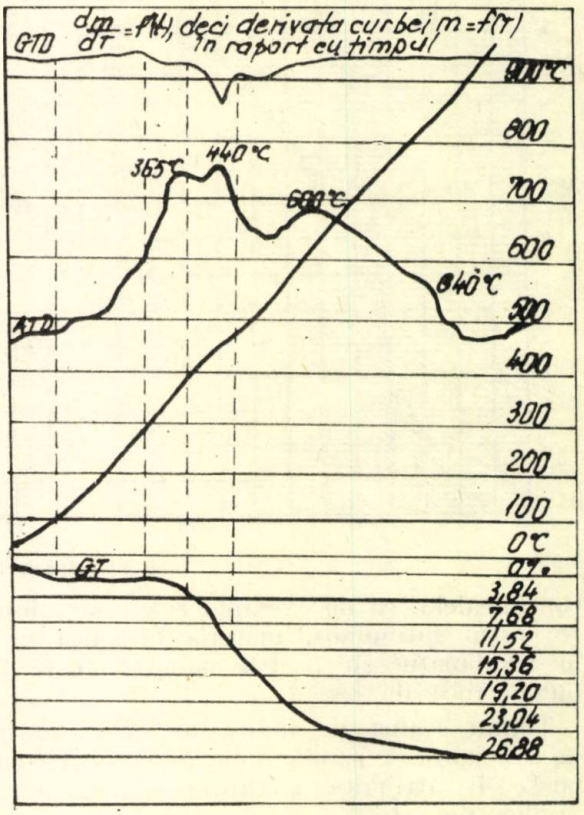


Fig. 3 Derivatograma înregistrată în aer pentru şistul bituminos II; masa probei: 1,1570 g.

Tabelul 3

Caracteristicile energetice ale probelor de şist

Nr. crt.	Şist bituminos din bazinul Anina	W_t^i [%]	A^{anh} [%]	A^t [%]	Q_s^{mc} [kcal/kg]	Q_i^i [kcal/kg]	Fe_2O_3 [%]
1	Şist I	1,19	77,12	76,20	3498	692	28,6
2	Şist II	1,90	77,98	76,51	5433	1075	17,6

S-a notat cu Q, efectul termic al procesului de descompunere termică oxidativă al probei de şist bituminos; Qe, efectul termic al procesului de descompunere termică al probei etalon $CdCO_3$; S şi Se ariile vîrfurilor ATD al probei de şist bituminos şi respectiv al probei etalon.

S-au obţinut următoarele valori:

$$Q_{şist\ I} = 690{,}7\ \text{kcal.kg}^{-1},$$

$$Q_{şist\ II} = 1075\ \text{kcal.kg}^{-1}.$$

Concluzii

Prezența sideritului în compoziția șisturilor, pusă în evidență prin analiza roentgenografică, reduce considerabil puterea calorică a acestora. O primă cauză o constituie faptul că reacția de descompunere a sideritului este endotermă; bioxidul de carbon degajat în urma acestei descompuneri frînează parțial difuzia oxigenului necesar arderii părții organice a șistului. Cuarțul contribuie, de asemenea, la înrăutățirea condițiilor de ardere a șistului nu atît prin efectul endoterm scăzut ($\Delta H = -0{,}15$ kcal/mol) al transformării $\alpha SiO_2 \rightarrow \beta SiO_2$ care are loc la 547°C, ci prin faptul că acest steril frînează difuzia oxigenului. O altă cauză a scăderii performanțelor șistului bituminos este legată de procesul de recombinare pe suprafața particulelor de SiO_2, a radicalilor care asigură propagarea în lanț ramificat a reacțiilor de ardere.

Bibliografie

[1] Blum, I., Bîrcă Gălățeanu, D., Nistor, I., Rev. Chimie 11, 613, 1958.

[2] Blum, I., Bîrcă Gălățeanu, D., Nistor, I., Arcan, L., Studii și cercetări de energetică, nr. 3, 349, 1962.

[3] Barca, F., *Eficiența unor metode fizico-chimice specifice în caracterizarea structurală și gradului de carbonificare a cărbunilor naturali*, Teză de doctorat, I.P.B., 1968.

[4] Schiedt, U., *Appl Spectroscopy*, 7, 75, 1953.

[5] Avram, M., Mateescu, Gh. D., *Spectroscopia în IR. Aplicații în chimia organică*, Ed. Tehnică, București, 1966.

[6] Volkman, H. *Handbuch der Infrarot Spektroskopie*, Verlag Chemie New York, 1972.

[7] Dudley, H. W., Fleming, I., *Spektroskopishe Methoden in der Organishen Chemie*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1973.

[8] Nakamoto, K., *Infrared Spectra of Inorganic and coordination Compounds*, Wiley-Interscience, New York—Sydney—Toronto, 1970.

[9] Nakanishi, K., *Infrared Absorption Spectroscopy*, Holden Day Inc., San Francisco, Nankodo Company Limited, Tokyo, 1962.

[10] Bălan, V., Tomescu, M. *Valorificarea extensivă a șisturilor bituminoase prin programare la calculatorul electronic*. În: Revista de chimie, 31, sept. 1980, p. 874 — 879.

(Primit la 15 iulie 1983, acceptat la 14 martie 1984)

Considerații asupra utilizării instalațiilor de by-pass în schemele centralelor

Dr. ing. Abdulah Nabijovici *

1. Necesitatea instalației de pornire

Așa cum se cunoaște sistemul de by-pass reprezintă astăzi un element de bază în schema termică a centralelor atît clasice, cît și nucleare. Necesitatea acestei instalații se impune atît din punct de vedere economic, cît și funcțional.

Schema unei instalații de by-pass depinde în cea mai mare măsură de tipul blocului în care se încadrează, uzuale fiind două scheme, fiecare fiind caracteristică unui anumit tip de cazan (fig. 1, 2).

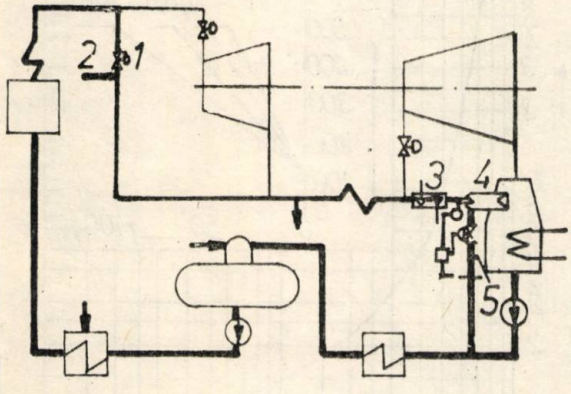


Fig. 1. Schema instalației by-pass pentru bloc cazan cu supraîncălzire intermediară turbină: 1 — supapa by-pass IP; 2 — injecția de IP; 3 — robinet by-pass MP-JP; 4 — dispozitiv de răcire; 5 — injecție de apă IP.

Se remarcă faptul că pentru o instalație echipată cu cazane fără supraîncălzire intermediară, există numai stația de înaltă presiune (care de fapt înglobează cele două stații), iar în cazul grupurilor nucleare există numai stația de medie-joasă presiune (vezi schema din figura 2), care permite ocolirea turbinei (care are în general parametrii medii).

Sistemul de by-pass este necesar pentru adaptarea temperaturii aburului la ieșirea din supraîncălzitorul intermediar la temperatura metalului predominînd în corpul de medie presiune al turbinei [6]. În centralele în care nu există sistem by-pass, supraîncălzitorul intermediar este în cea mai mare parte a tim-

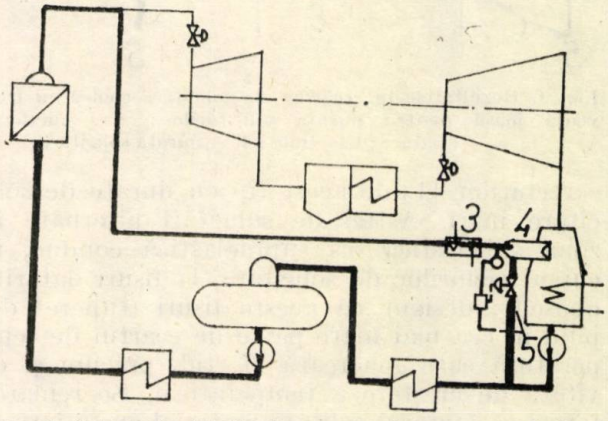


Fig. 2. Schema instalației by-pass pentru un grup destinat CNF (pentru 3, 4, 5 vezi figura 1).

* Dr. ing. Abdulah Nabijovici lucrează la ICSITEE

pului în funcționare sub vid, în așa fel încît aburul supraîncălzit intermediar este relativ rece în faza inițială, răcind, prin urmare, corpul de medie presiune la început, după care începe încălzirea. Acest lucru are ca efecte o funcționare în regimuri termice dublu variabile a turbinei (întîi răcire, apoi încălzire), solicitînd materialul (în special al rotorului) după un ciclu; în figura 3 se arată un cîmp de izoterme tipic rotorului de turbină care limitează viteza de pornire.

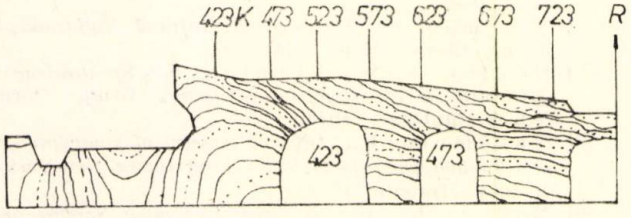


Fig. 3. Cîmp de izoterme într-un rotor în timpul pornirii, după o oră de la deschiderea ventilelor de reglare.

Acest cîmp de izoterme (determinat experimental) se stabilește într-un rotor de MP la o oră după deschiderea ventilelor de reglare ale turbinei în cazul unei porniri de la cald într-o instalație fără by-pass. Rezultatele calculului eforturilor ce apar în timpul unei astfel de porniri sînt comparabile cu cele ale unui rotor supus la oboseală prin solicitări cu frecvență joasă. În figura 4 se prezintă rezultatele

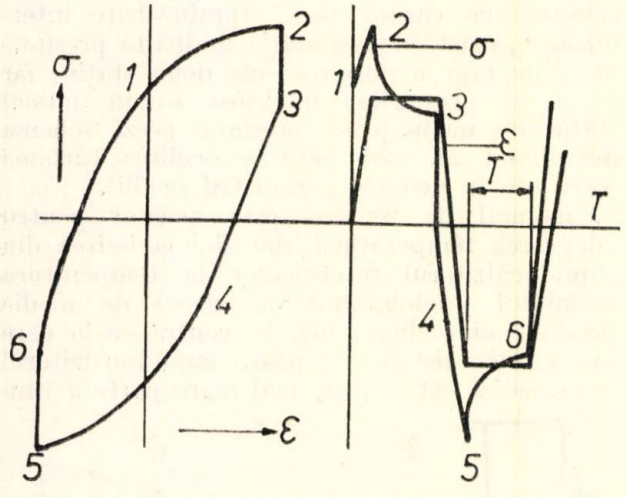


Fig. 4. Rezultatele încercărilor de solicitare ciclică cu frecvență joasă pentru durata solicitărilor: σ — solicitare; ε — dilatare; t — timp; T — durata solicitării.

cercetărilor [1] de acest tip cu durate de solicitare mari. Astfel de solicitări alternate în zona subelastică ori supraelastică conduc, în cursul ciclurilor de solicitare, la fisuri datorită oboselii; desigur că aceste fisuri (rupere) depind în cea mai mare parte de ecartul de temperatură care generează efortul, precum și de viteza de creștere a temperaturii. Se remarcă totuși că factorul calitate material are o importanță decisivă în stabilirea pragului la care acesta cedează — în cazul prelucrării într-un rotor MP — și pentru analize complete asupra necesității sau nu a sistemului by-pass este necesar să se dispună de date experimentale ca în figura 5 (după [1]), unde se prezintă

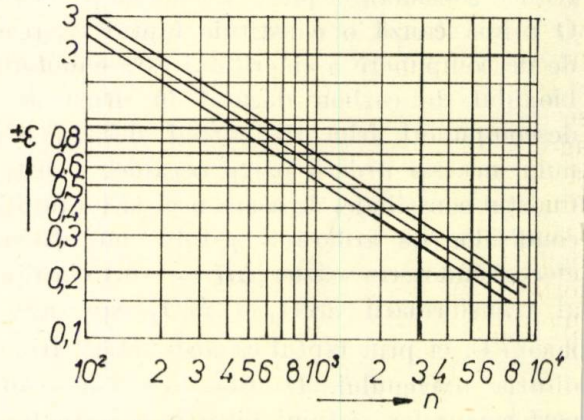


Fig. 5. Numărul de porniri pînă la rupere pentru diferit dilatări (material CrMoV la 500°C).

pentru un material de rotor de tip CrMoV (utilizat pînă la 500°C), numărul de cicluri pînă la rupere (n) pentru diferite dilatări ș în figura 6 numărul de porniri suportat de un rotor din acest material, funcție de ecartul de temperatură și de viteza de variație temperaturii.

Aceste cercetări au avut drept scop tocma determinarea numărului de cicluri (practic d

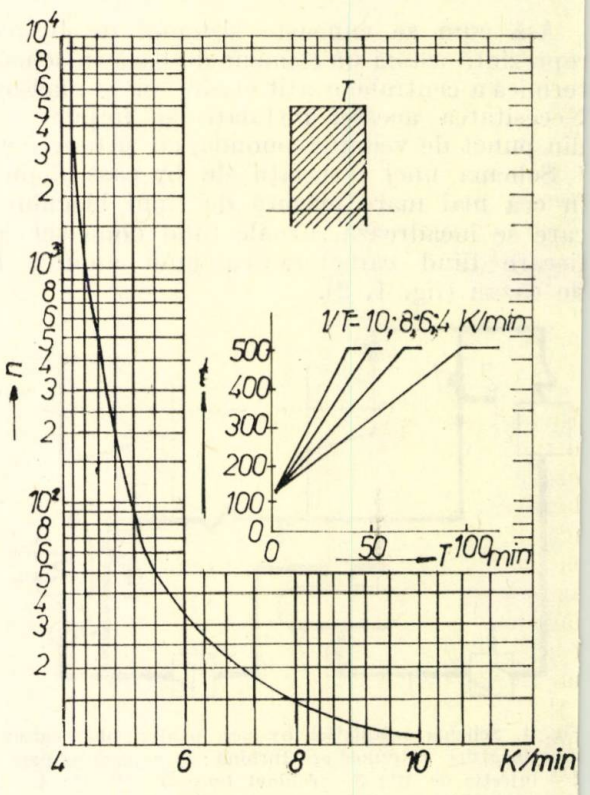


Fig. 6. Numărul de porniri suportabile pentru un rotor MP funcție de ecartul de temperatură și de viteza de evoluț a temperaturii.

porniri) admisibile pentru rotorul unei turbine, cercetînd dacă se impune sau nu o instalaţie de by-pass de medie-joasă presiune. După cum se observă, la valori mari de viteză a variaţiei temperaturii, numărul de cicluri admise este destul de scăzut, influenţînd direct durata de viaţă a instalaţiei, fapt ce impune o cooperare perfectă între cazan şi turbină.

Din cele arătate rezultă că sistemul de by-pass se impune ca necesar pentru protejarea turboagregatului; el scurtează timpul de pornire şi oprire, măreşte durata de viaţă a grupului, fiind necesar şi din punct de vedere economic. Dacă ne referim la schema de pornire din figura 7 pentru un bloc cazan cu străbatere forţată, cu supraîncălzire intermediară şi grup în trei corpuri şi la diagrama de pornire a blocului din figura 8, se constată că un timp

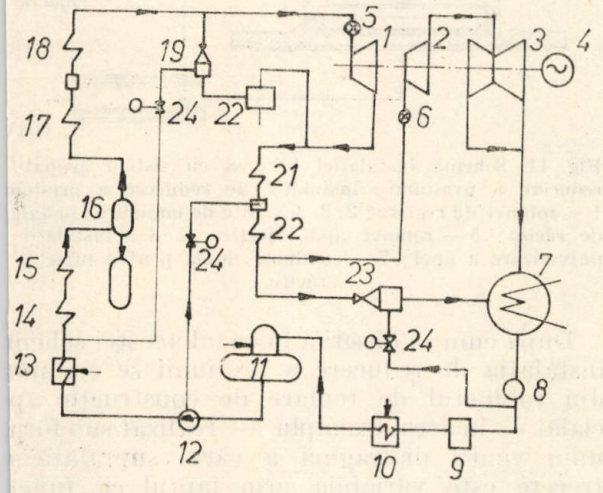


Fig. 7. Schema instalaţiei de pornire pentru un cazan cu străbatere forţată: 1, 2, 3 — corpurile de IP respectiv MP şi JP ale turbinei; 4 — generatorul electric; 5, 6 — VIR IP respectiv MP; 7 — condensatorul grupului; 8, 12 — pompa de condensat, respectiv de alimentare; 9 — instalaţie tratare condens; 10, 11, 13 — PJP degazor, respectiv PIP; 14 — economizorul cazanului; 15 — vaporizatorul cazanului; 16 — separator; 17, 18 — supraîncălzitor tr. I, respectiv tr. II; 19 — instalaţie by-pass IP; 20 — expandor pornire 21, 22 — supraîncălzitor intermediar tr. I, respectiv tr. II; 23 — instalaţie by-pass MP-JP; 24 — robinete reglaj injecţie apă.

suficient de mare funcţionează instalaţia by-pass de medie-joasă presiune, timp în care se recuperează o cantitate de abur egală cu suprafaţa planimetrată între curba de debit abur supraîncălzire intermediară şi cea de debit la intrarea în turbină (haşurată şi notată cu A). În cazul unei porniri de la cald (oprire de 8 h) diagrama este cea din figura 9. Se observă că, în acest caz, cantitatea de abur recuperată este mai mică decît cea în cazul pornirii de la rece.

Rolul by-pass-ului se manifestă şi în cazul unei declanşări bruşte a turbinei de la o sarcină oarecare, în care caz are un rol important în recuperarea de condensat.

În figura 10 se arată, pentru un cazan de tipul amintit, modul de variaţie a debitului

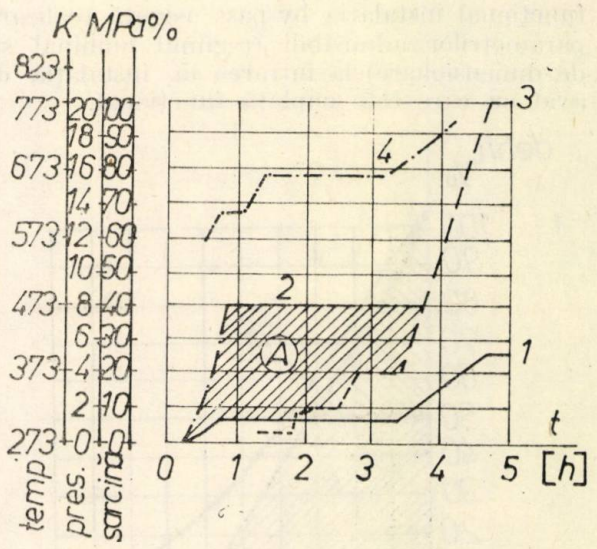


Fig. 8. Diagrama pornirii din stare rece: 1 — presiune abur supraîncălzit intermediar; 2 — debit abur ieşire supraîncălzitor intermediar; 3 — debit abur la intrarea în turbină; 4 — temperatură abur ieşire supraîncălzitor intermediar; A — debit abur prin instalaţia de by-pass.

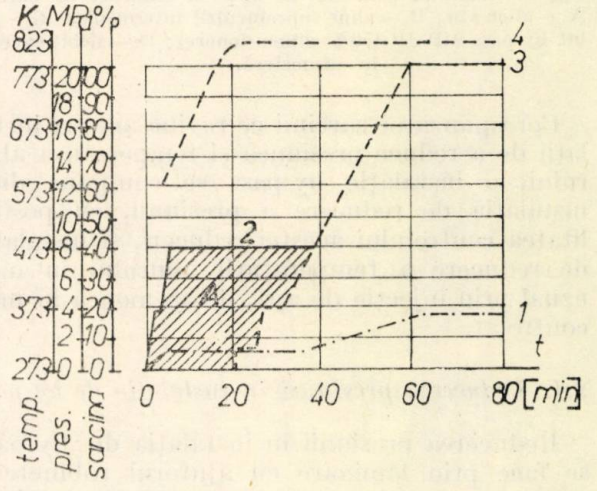


Fig. 9. Diagrama pornirii din stare caldă: 1 — presiune abur supraîncălzit intermediar; 2 — debit abur ieşire supraîncălzitor intermediar; 3 — debit abur la intrarea în turbină; 4 — temperatură abur ieşire supraîncălzitor intermediar.

de abur în cazul unei declanşări de la sarcina nominală, debitul descărcat de supape şi cel recuperat de by-pass-ul de medie-joasă presiune dimensionat pentru 50% din debitul nominal al cazanului.

2. Prezentarea generală a instalaţiei de reducere-răcire şi descrierea fenomenelor ce au loc în ea

După cum s-a arătat, instalaţia de by-pass se utilizează pentru ocolirea turboagregatului la pornire, oprire şi aruncări de sarcină, avînd în vedere caracteristicile dinamice diferite ale cazanului şi turbinei. Din punct de vedere

funcţional instalaţia by-pass asigură realizarea parametrilor admisibili (regimul nominal sau de dimensionare) la intrarea în instalaţia din aval cu care este cuplată funcţional.

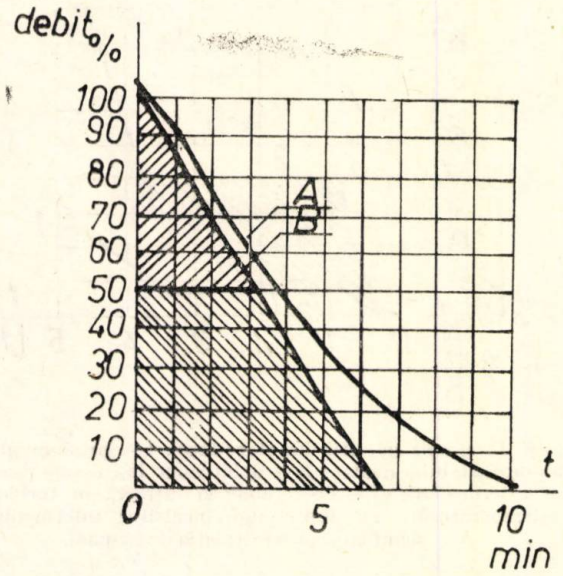


Fig. 10. Variaţia debitului de abur la aruncare de sarcină A — abur viu ; B — abur supraîncălzit intermediar ; C — debit by-pass MP-JP (50 % dimensionare) ; D — debit evacuat în atmosferă.

Corespunzător sarcinii ce revine acestei instalaţii de a reduce presiunea şi temperatura aburului, o instalaţie by-pass se compune din : instalaţia de reducere a presiunii, cu posibilitatea controlului acestei reduceri, şi instalaţia de reducere a temperaturii aburului în mod uzual prin injecţie de apă, de asemenea în mod controlat.

2.1. Reducerea presiunii în instalaţia de by-pass

Reducerea presiunii în instalaţia de by-pass se face prin laminare cu ajutorul robinetelor de reglare, care permit controlul nivelului de laminare, şi cu ajutorul dispozitivelor de laminare (site, diafragme etc.).

Datorită faptului că de cele mai multe ori, reducerea presiunii în instalaţia de by-pass de medie-joasă presiune este foarte mare (de la circa 5 MPa la presiunea din condensator de ordinul 0,004 MPa) este necesar ca laminarea să se facă în mai multe trepte, astfel încît în fiecare treaptă să se lamineze debitul nominal în regim de curgere critică. De regulă, numai una din trepte se alege cu destindere controlată, celelalte fiind cu destindere fixă. Din punct de vedere constructiv, dispozitivele de laminare pot fi grupate într-o singură instalaţie compactă sau pot fi distribuite în instalaţie avînd intercalate puncte de injecţie.

Injecţia de apă se realizează şi ea în mai multe trepte atît din motive constructive, cît şi din punctul de vedere al omogenizării mai bune a amestecului, injecţia fiind intercalat cu elemente de laminare.

În cele ce urmează se vor descrie două sis teme mai uzuale, utilizate pentru instalaţi de by-pass şi anume, un sistem cu elementel de laminare grupate şi unul cu aceste element distribuite.

Schema instalaţiei cu sistemul de reducer a presiunii grupat este prezentată în figura 1

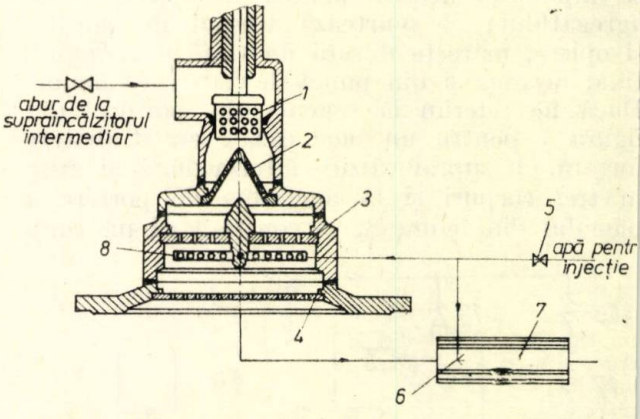


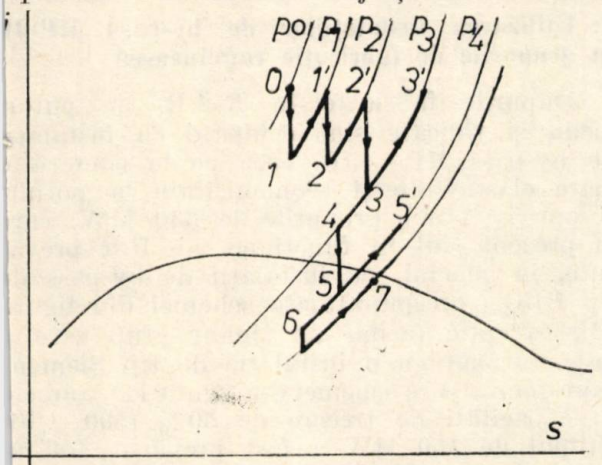
Fig. 11. Schema instalaţiei by-pass cu sistem grupat reducere a presiunii : instalaţie de reducere a presiun 1 — robinet de reglare ; 2, 3, 4 — site de laminare ; instala de răcire ; 5 — robinet apă injecţie ; 6, 8 — instalaţii pulverizare a apei ; 7 — conductă dublă pentru injecţia răcire.

După cum se observă în cazul acestei schem instalaţia de reducere a presiunii se compu din robinetul de reglare de construcţie sp cială — în acest exemplu — realizat sub forn unui ventil diafragmă a cărui suprafaţă trecere este variabilă prin faptul că, funcţ de cursa ventilului, se eliberează mai mul sau mai puţine găuri prin care trece aburi Etajele următoare de laminare sînt realiza sub forma unor site cu găuri care asigu o pierdere constantă de presiune, pentru debit dat, reglarea fiind făcută prin ventil diafragmă. Injecţia de apă se face în doi trepte : o dată în robinet — în general d considerente de material — şi a doua oa în instalaţia specială de răcire, realizată s forma unei conducte duble. Pentru schen din figura 11 procesul în diagrama *i-s*, es reprezentat în figura 12. Se precizează pentru realizarea acestei scheme este neces şi un robinet de închidere, care, de regul este de dimensiuni şi parametri ridicaţi.

A doua schemă utilizată este cea în ca elementele de laminare sînt distribuite lungul instalaţiei (fig. 13).

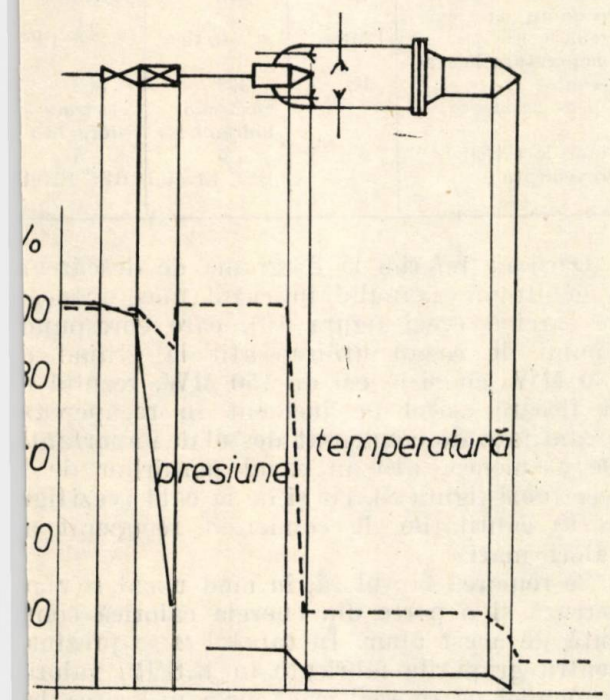
Se observă că, în acest caz, primele trep de destindere sînt realizate în ventilul co binat de închidere-reglare, constituit dintr- ventil de închidere, în care se realizează reducere constantă a presiunii, şi dintr- ventil de reglare, care asigură reglarea p siunii. Următoarele trepte sînt realizate t

ub formă de site de laminare amplasate
n instalația de răcire, la intrarea și ieșirea
in această instalație, care de fapt este un
xpandor în care se face injecția. Distribuirea



g. 12. Procesul în diagrama $i-s$ pentru instalația din
gura 11 : 0—1 — laminare în robinetul de reglare ; 1'—2 —
minare în sita conică ; 2'—3 — laminare în prima sită
lindrică ; 3'—4 — răcire datorită primei injecții ; 4—5 — la-
inare în a doua sită cilindrică ; 5'—6 — răcire după a doua
jecție ; 6—7 — destindere suplimentară pînă la presiunea
condensatorului.

ementelor de laminare în lungul instalației
rmite realizarea mai ușoară a acesteia, iar
alizarea în același corp a ventilelor de închi-
re și reglare permite compactizarea insta-
ției. Pentru schema din figura 13 procesul
diagrama i-s, este prezentat în figura 14,
ntru o centrală clasică, și în figura 15, pen-
u o centrală nucleară.



. 13. Schema instalației by-pass cu elemente de răcire
repartizate în lungul instalației.

2.2. *Reducerea temperaturii în instalația de by-pass*

Reducerea temperaturii în instalația de by-pass se face totdeauna prin injecție de apă preluată de la refularea pompelor de con-

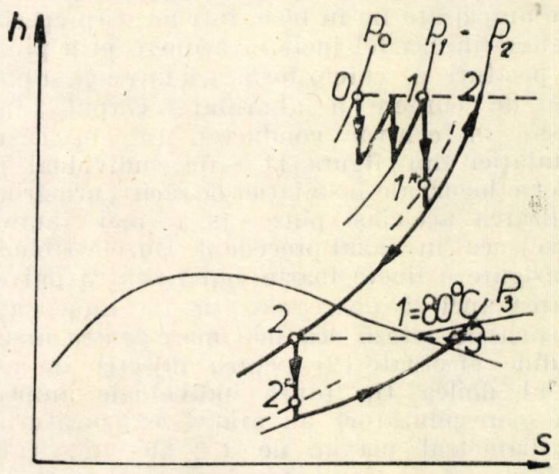


Fig. 14. Procesul în diagrama $i-s$ pentru instalația din figura 13 (centrală clasică) : 0—1 — destindere în ventilul combinat ; 1—1*— destindere în primul con perforat ; 1*—2'— destindere suplimentară la intrarea în camera de amestec ; 2—2' — răcire prin injecție de condensat ; 2—2*— destindere în al doilea con perforat ; 2*—3— destindere suplimentară la intrarea în condensator.

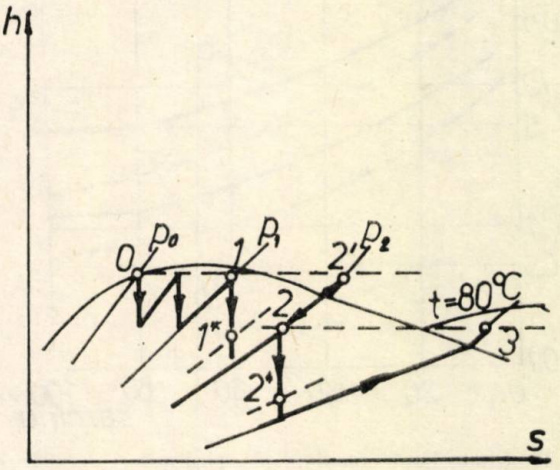


Fig. 15. Procesul în diagrama $i-s$ pentru o instalație din figura 13 în cazul unei CNE : 0—1 — destindere în ventilul combinat ; 1—1*— destindere în primul con perforat ; 1*—2'— destindere suplimentară la intrarea în camera de amestec ; 2—2' — răcire prin injecție de condensat ; 2—2*— destindere în al doilea con perforat ; 2*—3— destindere suplimentară la intrarea în condensator.

densat pentru instalațiile clasice și de la pompa de alimentare pentru centralele nucleare. Realizarea injecției în mai multe trepte este necesară din cauza debitului mare de apă utilizat și în vederea realizării unui schimb de căldură cît mai eficient între abur și picăturile de apă. Pulverizarea apei de injecție în abur trebuie să satisfacă următoarele condiții : aburul să fie răcit la nivelul dorit și picăturile

de apă nevaporizate să nu fie antrenate de abur pentru a evita eroziunea prin șoc a instalației de by-pass de după injecție și a țevilor condensatorului. Pentru realizarea acestor condiții, în practică se utilizează duze de pulverizare amplasate fie în bloc, într-un corp special orientat în așa fel încît să acopere prin pînza de picături pe care o formează întreaga suprafață de curgere a aburului — corpul fiind plasat în centrul conductei, ca în cazul instalației din figura 11 — fie individual în diverse locuri ale instalației de răcire, urmărind realizarea aceleiași pînze (sau mai multor pînze), ca în cazul precedent. Duzele trebuie să asigure o finețe foarte bună pentru pulverizarea apei și, de regulă, să fie amplasate în zona de viteză cea mai mare pentru abur. Studiile efectuate [2] pentru injecția de cel de al doilea tip (duze individuale amplasate corespunzător) au arătat că picăturile cu diametrul maxim de $1 \div 50$ μm, care se formează în jetul de abur și depind de sarcina instalației (fig. 16), sînt accelerate la amestecul cu aburul în faza inițială și apoi frînate prin turbionarea jetului (fig. 17); această circulație intensivă, precum și finețea pică-

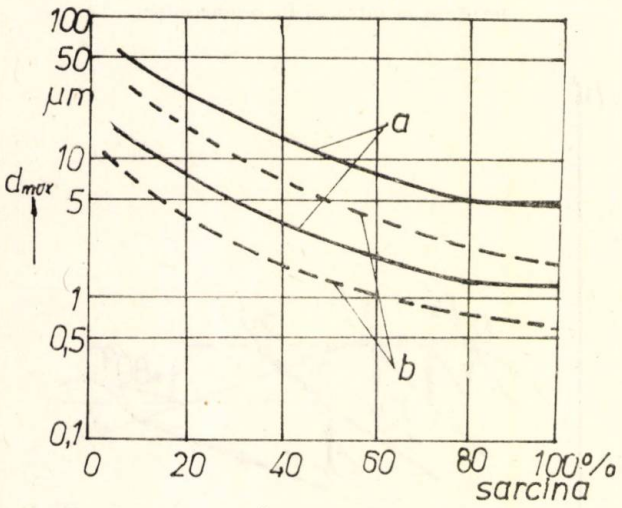


Fig. 16. Dimensiunile maxime ale picăturilor stabilite în funcție de sarcină: a — centrale clasice; b — centrale nucleare.

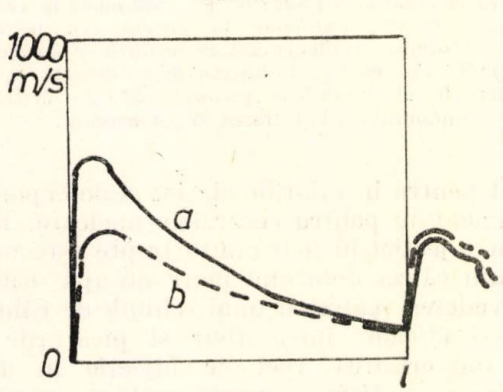


Fig. 17. Evoluția vitezei picăturilor în lungul instalației: a — centrale clasice; b — centrale nucleare

turilor din camera de amestec garantează schimbul de căldură și asigură răcirea dorită a aburului.

3. Utilizarea instalațiilor de by-pass MP-JP la grupurile de fabricație românească

Grupurile fabricate în R.S.R. de puteri medii și ridicate sînt echipate cu instalații de by-pass MP — JP, ceea ce le conferă o mare elasticitate și economicitate la pornire și opriri. Astfel, grupurile de 330 MW, care în prezent sînt în funcțiune, au fost prevăzute, în general, cu instalații de by-pass de tip BBC (corespunzătoare schemei din figura 13), excepție făcînd un singur grup care a fost prevăzut cu o instalație de tip Siemens (corespunzătoare schemei din figura 11), ambele cu capacități de trecere de 50% (500 t/h). Grupul de 150 MW a fost prevăzut tot cu instalație de tip BBC, tot cu o capacitate de 50% (250 t/h).

În prezent, instalațiile de by-pass pentru grupurile de 330 MW și 150 MW se fabrică în țară. Principalele caracteristici ale instalațiilor de by-pass ce echipează grupurile fabricate în R.S.R. sînt cele din tabelul 1.

Tabelul

Caracteristică	U.M.	Grupul	
		330 MW	150 MW
Debit de abur	kg/s	140	70
Presiune la admisie	MPa	5,48	5,48
Temperatura la admisie	K	813	813
Presiunea la evacuare	MPa	0,12	0,12
Temperatura la evacuare	K	393	393
Tip de acționare	—	electrono hidraulică	electrono hidraulică
Timp de acționare	s	5	5
Proveniența	—	BBC-Elveția	BBC-Elveț

Dacă ne referim la diagrama de descărcare a debitului cazanului în cazul unei aruncări de sarcină (vezi figura 10), care corespunde tipului de cazan utilizat atît la grupul de 330 MW, cît și la cel de 150 MW, rezultă că la fiecare astfel de incident se recuperează o cantitate de condensat destul de importantă. De asemenea, atît în cazul pornirilor de la rece (vezi figura 8), cît și de la cald (vezi figura 9) cantitățile de condensat recuperat au valori mari.

Se remarcă faptul că, în mod uzual, se recuperează și o parte din energia calorică conținută de acest abur. În tabelul 2 se prezintă pentru grupurile fabricate în R.S.R., valorile economiei ce se realizează prin utilizarea by-pass-ului de MP—JP pentru fiecare pornire aruncare de sarcină, oprire.

Tabelul 2

Denumirea operației	Recuperare de :	U.M.	Grupul 330 MW	Grupul 150 MW
Pornire de la rece	condensat	t	600	280
	căldură	10^9j	138	46,8
Pornire de la cald	condensat	t	200	85
	căldură	10^9j	46	14,2
Trunchere de sarcină	condensat	t	50	28
	căldură	10^9j	11,5	4,7
Oprire normală	condensat	t	400	220
	căldură	10^9j	92	36,8

După cum se vede cantitățile de condensat recuperat sînt deosebit de importante și ținînd în vedere și numărul de porniri și opriri, acestea devin și mai importante. Dar căldura obținută de acest abur se pierde în cea mai mare parte, datorită schemelor adaptate pentru instalația de by-pass—eșapare în condensator — și a lipsei unui consumator care să preia această căldură.

În centralele de termoficare atît urbană, cît și industrială, această căldură ar putea fi livrată în rețeaua de termoficare, prin adoptarea unor soluții și echipamente adecvate.

Bibliografie

[1] John, F., Gr., Hahn, A., Reinhard, K. *Considerations sur la coopération de grosses chaudières et turbines en marche a deux postes dans les centrales thermiques.* In: Revue Brown Boveri, tom 62, nr. 7/8, 1975, pag. 318—326.

[2] Nubholz, U. *Dimensionnement et conception du systeme de by-pass basse pression.* In: Revue Brown Boveri, tom 65, nr. 8, 1978, pag. 541—545.

[3] Bauman, H, D. *Why limit outlet velocities in reducing valves?* In: Instruments and Control Sistems, vol. 38 (1965)S135/39.

[4] Ligthill, M, J. *One sound generated aerodynamically general theory and turbulence as a source of sound.* In: Proc. Roy. Soc. A-211, 1952, pag. 564—587 și Proc. Roy. Soc. A-222. 1954, pag. 1—32.

[5] Günther, F. *Stellgeräte.* In: Der Regelungs technik ed. VDI-Verlag Gmbh, Dusseldorf, 1968, pag. 31—32.

[6] Martin, P., Holy, L. *Umleitstationen zur besseren Koordinierung von Kessel und Turbinen betrieb.* In: Energie 26, 1974, (12) p. 425—430.

[7] Reinhard, K., Schatzman, G. *Operating experience with by-pass System in fossil and nuclear power plant.* In: Combustion 49, 1977, nr. 5, pag. 35—38.

[8] FISCHER *Bulletin E 185-GB.* May, 1972.

[9] SCÄFFER and BUDENBERG G.m.b.H. Prospect nr. 15. 160.04.115. 5/71.

(Primit la 2 martie 1983, acceptat la 21 noiembrie 1983)

Funcționarea sistemului electroenergetic și a elementelor acestuia în condiții de siguranță sporită

Detectarea automată a oscilațiilor de tensiune în cazul funcționării asincrone a sistemelor energetice

Dr. ing. Mihai Rusu, ing. Georgeta Rusu*,

Redacția revistei ENERGETICA inaugurează un nou mod de prezentare a unor probleme de interes actual pentru energetica românească, publicînd unele articole însoțite și de comentariile și punctele de vedere ale unor alți specialiști în domeniul tratat.

În acest număr, redacția publică părerile specialiștilor în legătură cu unul dintre cele mai importante aspecte ale siguranței în funcționarea sistemului energetic: prevenirea avariilor extinse, datorate funcționării în regim asincron, prin detectarea automată a oscilațiilor de putere, de tensiune sau de impedanță aparentă.

Subiectul tratat este ocazionat de articolul publicat în continuare la sugestia și în urma consultării cu autorul și cu referentul de specialitate, ing. Costiner Eduard, cercetător din ICEMENERG.

În consecință au fost invitați în jurul unei „mese rotunde" specialiști de la ICEMENERG, ISPE, DEN, în fața cărora dr. ing. Mihai Rusu, unul dintre autori, a făcut prezentarea articolului, după care, pe marginea subiectului tratat, au fost făcute de către specialiști comentariile și au fost exprimate punctele de vedere, care se publică.

Sperăm ca asemenea forme de prezentare să fie apreciate de cititori și să suscite mai mult interesul pentru rezolvarea problemelor energeticii. Revista pune paginile sale la dispoziția unor astfel de manifestări, încadrîndu-se astfel în obiectivele urmărite, precizate și aprobate de conducerea Ministerului Energiei Electrice.

Redacția

* Dr. ing. Mihai Rusu este director la CET Drobeta Tr. Severin; ing. Georgeta Rusu este profesor în Drobeta Tr. Severin.

Generalități

Sistemul energetic a luat o amploare deosebită, iar dotarea cu instalații de siguranță corespunzătoare este necesar să evolueze în același ritm.

În acest sens a fost realizat un aparat (APOD) destinat să deconecteze automat o regiune capabilă de a funcționa stabil, sau o linie de interconexiuni, în cazul cînd aceasta ar fi afectată de pendulații.

Aparatul este compus din blocuri funcționale care urmăresc variația valorii de vîrf a tensiunii rețelei controlate, prelucrează informațiile obținute și, în cazul apariției pendulațiilor, generează semnalul de comandă corespunzător. El are posibilitatea de a separa pendulațiile de celelalte tipuri de defecte, cum ar fi scurtcircuitele sau scăderile de tensiune. Se poate bloca fără greutate la acționarea RAR-ului sau alte acționări ale întrerupătoarelor, voite sau determinate de protecții.

Poate fi utilizat independent sau asociat, în cadrul automatizărilor de sistem, pentru insularizare, zonare, descărcare automată a sarcinii etc. Se poate utiliza și pentru determinarea autopendulărilor, caz particular al pendulațiilor, cînd se folosește conectat într-o schemă de coincidență cu un traductor de vibrații la lagărele rotorului.

1. Aparate sensibile la pendulațiile sistemelor energetice

Pendulațiile constituie unul din cazurile cele mai dificile de perturbații ale sistemelor energetice și pot apărea atît în rețea, cît și la generatoare.

Rezultatele anchetei întreprinse de Conferința Internațională a Marilor Rețele Electrice (CIGRE) cu privire la modul în care se evaluează gravitatea perturbațiilor, care sînt consecințele lor și măsurile ce se iau în diferite țări pentru a limita situațiile anormale din sistemele energetice, reflectă modul diferit de a privi problema al țărilor ce au răspuns la chestionar (Anglia, Australia, Canada, Elveția, Franța, Italia, Japonia, R.S. România, R.F. Germania, S.U.A. și R.P. Ungaria).

Acest mod diferit rezultă din modul divers de detectare a mersului asincron și anume:

1 — după oscilațiile curentului, tensiunii sau impedanței într-un interval de timp dat;

2 — după unghiul dintre vectorii de tensiune din două puncte ale sistemului;

3 — după schimbarea semnului puterii, cu controlul centrului electric al pendulațiilor.

Firma BBC produce un dispozitiv automat de separare a rețelei pentru centralele industriale. Acesta este compus din relee direcționale de putere, relee de curent maxim și un releu de frecvență cu acționare în trepte. Sistemul BBC poate realiza și resincronizarea automată.

În U.R.S.S. există un dispozitiv A.P.A.H. compus din:

— un dispozitiv principal, destinat să pună în evidență mersul asincron și semnul alunecării (în trei trepte de acționare);

— un dispozitiv de rezervă ce trebuie să funcționeze la un refuz de acționare al dispozitivului principal sau al întrerupătorului comandat de acesta;

— un dispozitiv suplimentar, destinat să sesizeze și să lichideze mersul asincron în regim incomplet de faze, care trebuie instalat la ambele capete ale liniei.

I.C.E. Franța produce un releu de debuclaj în caz de ruptură a sincronismului (DRS-50). Acesta utilizează criteriul supravegherii în permanență a variațiilor locale de tensiune. Se folosește de convertizoare analog-numerice de precizie bună, care elaborează un număr „N" de impulsuri, practic proporțional cu suprafața alternanței (fig. 1). Prin interme-

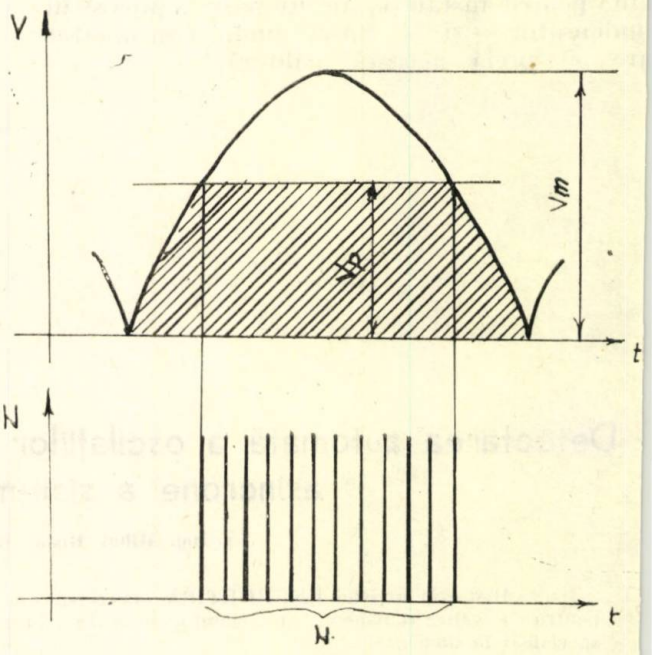


Fig. 1.

diul unui comparator se efectuează diferențdintre numărul N corespunzător la două semalternanțe succesive, stabilindu-se dacă semalternanțele cresc, scad sau sînt egale, acționîncorespunzător fiecăreia dintre aceste situați

2. Principiul de funcționare al aparatului APO

Aparatul APOD, prezentat în acest artcol, utilizează tot criteriul variațiilor locade tensiune (ca și releul francez DRS-5

modul său de realizare fiind însă principial diferit. Schema bloc a aparatului este prezentată în figura 2.

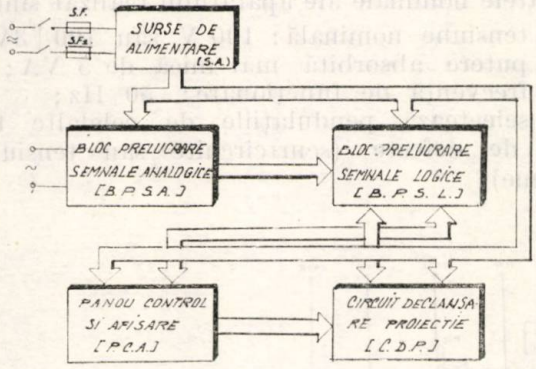


Fig. 2.

Aparatul este prevăzut cu un comutator de pendulații (CP), acționarea putînd avea loc după una sau mai multe pendulații, funcție de utilizator. Aceasta permite, ca în cazul conectării în puncte diferite, să se poată asigura o selectivitate în funcție de locul defectului (într-un punct acționează la prima pendulație, în următorul la a doua etc.).

Variația tensiunii rețelei în timpul pendulației fiind conform figurii 3*a*, va rezulta o tensiune redresată, conform figurii 3*b*.

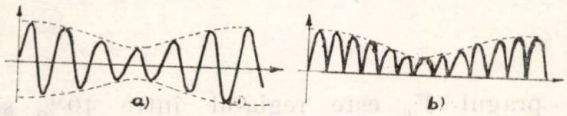


Fig. 3.

Durata unei semialternanțe este de 10 ms. Aparatul avînd rolul de a selecta pendulațiile pînă la 5Hz, rezultă că pot fi urmărite de aceasta frecvența a 10 semialternanțe de cădere. Pentru pendulații lente APOD funcționează pentru cele cu perioada de 1 — 3s.

Sesizarea pendulațiilor se constată prin scăderea tensiunii în timpul a cel puțin 10 semialternanțe succesive, restul fiind memorate, urmată de o creștere a tensiunii în timpul cel puțin alte 10 semialternanțe succesive. Pentru simplificare însă, la creșterea tensiunii se numără numai pînă la 4 semialternanțe, creșterile următoare fiind memorate. Pentru fi sesizată o pendulație mai sînt necesare cîteva condiții suplimentare de separare a pendulațiilor, de alte tipuri de defecte. În acest scop se fixează o tensiune de referință V_p (tensiune de prag), ce poate fi reglată între 40 — 90% din tensiunea nominală. În cazul scurtcircuitelor, tensiunea scade brusc , pentru ca aparatul să nu lucreze, la acest p de defecte, sesizat de alte protecții, s-a npus condiția că dacă a patra semialternanță ste sub V_p (ca valoare de vîrf), se șterge totul aparatul este repus din nou în stare inițială. De asemenea, dacă a zecea alternanță de scădere nu este sub prag înseamnă că scăderile de tensiune sînt insuficiente și această abatere a tensiunii este neînsemnată, neafectînd siguranța rețelei. Pentru ca scăderea să fie suficient de mare s-a impus ca a doua alternanță de creștere să fie încă sub acest prag. Creșterile și scăderile de tensiune trebuie să fie succesive (fiecare satisfăcînd condițiile menționate), neîntrerupte de variații de sens invers sau perioade de staționare, ceea ce implică readucerea aparatului la „0".

3. Schema de principiu

Principalele blocuri funcționale ale APOD sînt detectoarele de vîrf, care compară fiecare semialternanță cu precedenta și, în caz de scăderi, emit impulsuri de scădere (TSC) și respectiv, în caz de creșteri ale tensiunii emit impulsuri de creștere (TCR); dacă mărimea tensiunii supravegheate este constantă se transmit impulsuri pentru ștergere.

Funcționarea APOD se poate urmări prin organigrama din figura 4.

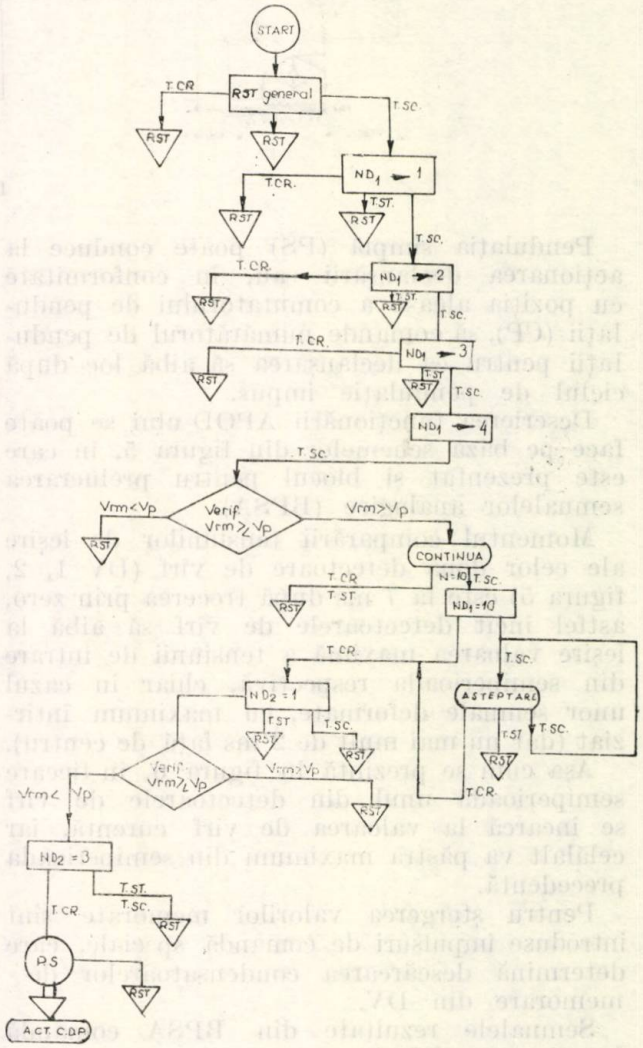


Fig. 4.

Pierderea sincronismului corespunde unei diminuări a tensiunii care corespunde primului tact de scădere. Numărarea semialternanţelor de acelaşi fel se realizează de către numărătoarele decodoare (ND).

Urmărind organigrama se constată că la a patra alternanţă se efectuează o comparaţie V_{rm} cu V_p (V_{rm} — tensiunea reţelei măsurate), putîndu-se elimina scurtcircuitele şi scăderile de tensiune nesemnificative.

Toate impulsurile utilizate în APOD au o durată 0,15 ms, fiind sincronizate cu ajutorul semnalului „SINCRO" (vezi figura 6).

Datele nominale ale aparatului realizat sînt :

— tensiune nominală : 100 V sau $100/\sqrt{3}$ V ;
— putere absorbită mai mică de 5 VA ;
— frecvenţă de funcţionare : 50 Hz ;
— selectează pendulaţiile de celelalte tipuri de defecte (scurtcircuite sau tensiuni minime) ;

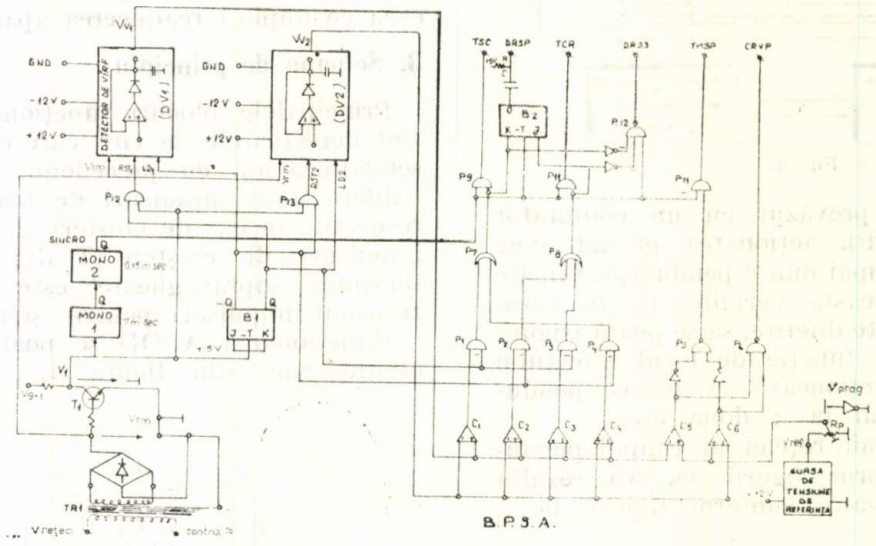


Fig. 5.

Pendulaţia simplă (PS) poate conduce la acţionarea declanşării sau, în conformitate cu poziţia aleasă a comutatorului de pendulaţii (CP), să comande numărătorul de pendulaţii pentru ca declanşarea să aibă loc după ciclul de pendulaţie impus.

Descrierea funcţionării APOD-ului se poate face pe baza schemelor din figura 5, în care este prezentat şi blocul pentru prelucrarea semnalelor analogice (BPSA).

Momentul comparării tensiunilor de ieşire ale celor două detectoare de vîrf (DV 1, 2, figura 5) este la 7 ms după trecerea prin zero, astfel încît detectoarele de vîrf să aibă la ieşire valoarea maximă a tensiunii de intrare din semiperioada respectivă, chiar în cazul unor semnale deformate, cu maximum întîrziat (dar nu mai mult de 2 ms faţă de centru).

Aşa cum se prezintă în figura 6, în fiecare semiperioadă unul din detectoarele de vîrf se încarcă la valoarea de vîrf curentă, iar celălalt va păstra maximum din semiperioada precedentă.

Pentru ştergerea valorilor memorate sînt introduse impulsuri de comandă speciale, care determină descărcarea condensatoarelor de memorare din DV.

Semnalele rezultate din BPSA comandă funcţionarea BPSL.

— pragul V_p este reglabil între 40% şi 90% din valoarea nominală ;

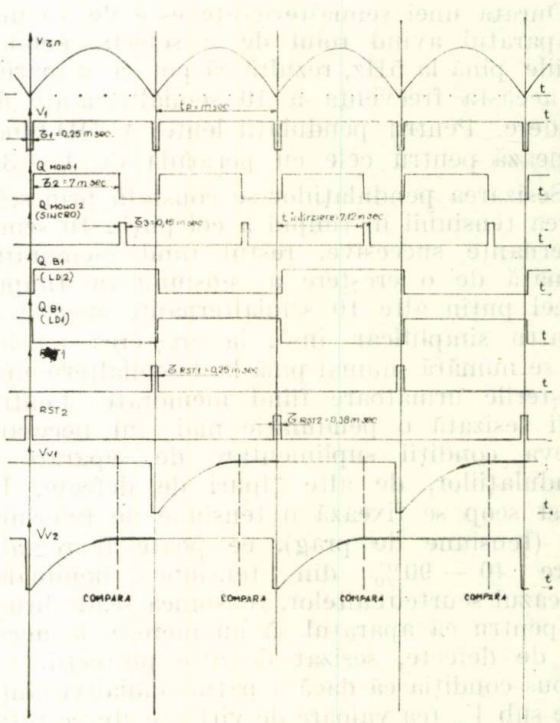


Fig. 6. Formele de undă în BPSA.

— este blocat la ciclu RAR sau în cazul cţionării voite a întrerupătoarelor;
— are posibilitatea fixării numărului de pendulaţii după care se transmite comanda;
— are masă mai mică de 3,5 kg.

4. Concluzii

1. Realizarea aparatului APOD, care evidenţiază fenomenul de pendulaţie şi acţionează automat pentru eliminarea zonelor instabile şi menţinerea zonelor stabile, permite mărirea siguranţei în funcţionare a Sistemului Energetic Naţional.

2. Verificarea experimentală efectuată a indicat că poate fi utilizat pînă la o frecvenţă maximă a pendulaţiilor de 5 Hz.

Bibliografie

[1] Ansimova, N. D. *Autoexcitarea şi autopendularea în sistemele electrice*, 1962.

[2] Bulucea, C., Vals, M., Profeta, H. *Circuite integrate liniare*. Bucureşti, Editura tehnică, 1968.

[3] Moraite, G., Ionescu, S. *Problemes soulevas par la stabilité des reseaux boucles*. Energetica 9, 1972.

[4] Savin, G., Rosman, H. *Circuite electrice neliniare şi parametrice*. Bucureşti, Editura tehnică, 1976.

Dr. ing. George Moraite — *Institutul de studii şi proiectări energetice (ISPE)*.

1. Majoritatea avariilor extinse care au avut loc în ultimii 20 de ani, în diverse ţări, s-au datorat unor perturbaţii care au condus la oscilaţii de putere şi tensiune în reţeaua de transport de energie electrică. Aceste oscilaţii au fost de o amplitudine suficient de mare ca să provoace acţionarea protecţiilor de linie (în special a protecţiilor de distanţă care nu prezintă blocaj la pendulaţii decît pentru acţionarea în prima treaptă) şi protecţiilor generatoare.

Anchetele efectuate în cadrul CIGRE privind modul de desfăşurare a fenomenelor în reţea pe durata extinderii avariilor din diverse ţări au scos în evidenţă faptul că perioada oscilaţiilor de putere şi tensiune a fost cuprinsă între circa 0,5 s şi 10 s şi că ele s-au datorat în special instabilităţii statice provocate de suprasarcini în reţea după declanşarea, prin protecţia proprie, a uneia sau mai multor linii. Într-o lucrare recentă [1] se prezintă şi o statistică a cauzelor pierderii stabilităţii, fenomen ce în general se manifestă prin oscilaţii de putere şi tensiune în reţea.

Se menţionează astfel că circa 86% din cazurile de pierdere a stabilităţii se datoresc suprasarcinilor în reţea după declanşarea a 1—2 linii sau după declanşarea unor generatoare de mare putere; 9% din cazuri se datoresc scurtcircuitelor în reţea (din care 3% conduc la oscilaţii asincrone); 5% din cazuri se referă la alte perturbaţii, cum ar fi şi pierderea excitaţiei generatoarelor.

2. Pentru limitarea extinderii avariilor după perturbaţii care conduc la oscilaţii periculoase de putere şi tensiune în reţea, în diverse ţări s-au elaborat dispozitive automate, care să sesizeze apariţia acestor oscilaţii şi să acţioneze în sensul amortizării lor şi al secţionării reţelei (zonării).

Actualmente se consideră că unul din criteriile cele mai selective de sesizare a oscilaţiilor menţionate se referă la ritmul de variaţie al impedanţei aparente ($Z_a = U/I$) la bornele generatoarelor şi în staţiile reţelei de transport, în anumite artere importante.

Alte criterii se referă la modul de variaţie în timp a puterilor active şi reactive pe linii, a puterii active la bornele generatoarelor de mare putere, a unghiului intern al generatoarelor, precum şi a tensiunii în reţea.

3. Pe baza unei complexe analize a regimurilor tranzitorii provocate de diverse tipuri de perturbaţii, ISPE a elaborat teme pentru dispozitive de sesizare a oscilaţiilor periculoase după criteriile: impedanţă, putere activă, tensiune.

După avizarea acestor teme de către specialiştii DEN, ICEMENERG a realizat dispozitive care sesizează modul de variaţie a impedanţei la bornele generatoarelor în regimuri asincrone, precum şi dispozitive care sesizează oscilaţii de tensiune în reţea. Aceste dispozitive sînt în curs de implementare în sistemul energetic.

4. Referitor la dispozitivul de sesizare a oscilaţiilor de tensiune acesta prezintă caracteristici de funcţionare îmbunătăţite faţă de unele dispozitive realizate în alte ţări prin faptul că sesizează şi oscilaţii de tensiune cu perioade mai mari de 2 s şi cu valori minime ale tensiunilor pe durata oscilaţiilor sub 85% din valoarea tensiunii nominale. Aceasta permite ca acest dispozitiv să poată fi utilizat şi pentru descărcarea automată a reţelei, încă din prima fază a amorsării oscilaţiilor de tensiune, în scopul amortizării acestor oscilaţii. Numai dacă oscilaţiile continuă după o asemenea descărcare automată, se justifică secţionarea reţelei pentru limitarea extinderii avariei.

5. Criteriul oscilaţiilor de tensiune adoptat în cadrul automaticii de sistem pentru limitarea extinderii avariilor, cu toate că este mai puţin selectiv decît criteriul impedanţei este totuşi utilizat, în special în Franţa, în cadrul automaticii de secţionare a reţelei de transport al energiei electrice, inclusiv pentru declanşarea liniilor de interconexiune cu ţările vecine.

Considerăm că în viitor dispozitivele de sesizare a oscilaţiilor de tensiune îşi vor limita domeniul de utilizare în reţeaua de distribuţie (inclusiv la 110 kV), în cadrul automatizărilor de descărcare a sarcinii şi de insularizare a unor grupuri generatoare cu consumul local, în acest ultim caz împreună cu criteriul principal al scăderii frecvenţei.

În ceea ce priveşte secţionările automate ale reţelei de transport considerăm că principalul criteriu va fi cel al impedanţei, cuplat cu alte criterii cum ar fi: variaţia $P-Q$ pe linie, viteza de variaţie a defazajului tensiunilor din anumite staţii, viteza de variaţie a puterii active pe linie etc.

În cadrul studiilor pentru dezvoltarea automaticii pentru limitarea extinderii avariilor, ISPE are în vedere astfel de criterii, urmărind în special creşterea selectivităţii acţionărilor automate de secţionare a reţelei în regimuri instabile.

Bibliografie

[1] Sovalov, S.A. *Rejimî edinai energosistemî*. In: Energoatomizdat, Moscova, 1983.

Ing. Gheorghe Broşteanu — *Dispecerul Naţional Energetic (DEN)*.

Aparatul care ni s-a prezentat detectează corect oscilaţiile de tensiune. El nu poate deosebi însă oscilaţiile sincrone de cele asincrone. Faptul că numără ciclurile de oscilaţii (pînă la 4 inclusiv) înainte de a elabora unele comenzi dă posibilitatea ca — în unele cazuri — părţile de reţea să se sincronizeze de la sine. În astfel de cazuri şi reţele, aparatul poate fi folosit ca atare. În reţele electrice de mare importanţă, în care oscilaţiile asincrone trebuie detectate rapid şi cît mai corect, aparatul prezentat poate fi folosit numai ca element de pornire într-o schemă în care decizia finală se atribuie unei aparaturi care poate detecta, cu destul de mare precizie, oscilaţiile asincrone, aparatură bazată pe alte criterii (de exemplu, variaţia impedanţei aparente văzută de un releu cu caracteristică lenticulară, inversarea ciclică a sensului puterii active etc.).

Dr. ing. Andrei Cristovici — *Institutul de Studii şi Proiectări Energetice (ISPE)*.

Pentru analiza fenomenelor de oscilaţii, s-au descris analitic ecuaţiile de funcţionare a două generatoare. Într-o astfel de schemă se poate defini un „centru electric" al oscilaţiilor şi se pot determina variaţiile mărimilor electrice care caracterizează oscilaţiile. În condiţiile unei scheme complexe cu mai multe generatoare cu caracteristici diferite se constată, din calcule, că este mai greu

de definit un „centru electric" al oscilațiilor. În plus, se constată că „centrul electric" se deplasează în diferite puncte ale rețelei, în cursul desfășurării fenomenului de oscilații. Aceasta pune o problemă importantă din punctul de vedere al unui dispozitiv de sesizare a oscilațiilor, respectiv al „selectivității" acestora, funcție de locul unde se dispun aceste dispozitive și de criteriile pe care le sesizează.

Cred că una din problemele ce merită a fi aprofundată o constituie analiza posibilităților de realizare a unei bune selectivități între dispozitivele de sesizare a oscilațiilor pe baza diferențierii numărului de cicluri după care aceste a acționează.

Ing. Ion Buga — *Dispecerul Energetic Național (DEN)*. Criteriul de pendulații de tensiune nu constituie un mod sigur de punere în evidență a pierderii stabilității unui sistem și deci nici nu este indicat ca dispozitivului de sesizare a pendulațiilor de tensiune să i se atribuie funcția importantă de separare a sistemului la avarii, ci doar de descărcare a acestuia. Pe de altă parte însă, releul (dispozitivul) de sesizare a pendulațiilor, constructiv, este un aparat destul de complicat și complex, cu un cost relativ ridicat.

Concluzia care se desprinde este că se impune o adîncire a studiilor și cercetărilor privind determinarea de noi criterii, eventual asociate, de punere în evidență a apariției funcționării asincrone a sistemului nostru și, pe această bază, de construcție de dispozitive adecvate, prin a căror acționare de separare să se prevină pierderea stabilității sistemului energetic național.

Dr. ing. Marius Pomârleanu — *Institutul de studii și cercetări energetice* (ICEMENERG). Problema identificării unor situații foarte grave cum sînt cele apărute în urma unor funcționări asincrone a unor zone mai mult sau mai puțin întinse din sistem este deosebit de dificilă. Dificultatea sesizării acestor situații crește și mai mult pentru sisteme electroenergetice cu o rețea de transport puternic buclată, așa cum este și cazul rețelei din sistemul nostru național.

Dacă pentru situația unor interconexiuni realizate numai prin cîteva linii de înaltă tensiune mersul asincron se poate sesiza prin instalații similare celor utilizate la generatoarele de mare putere (relee de impedanță cu caracteristică lenticulară), pentru zonele puternic interconectate se pare că singurul indicator este reprezentat de apariția unor variații ciclice ale tensiunii de anumite amplitudini și perioade de oscilație, deci cu dispozitive de genul celor prezentate în articolul discutat aici.

Din păcate, experiența celor care utilizează automatici de acest tip în scopul separării zonelor care funcționează nesincron este destul de redusă, iar la noi, deși a început realizarea în cadrul ICEMENERG a unor asemenea echipamente, necunoscutele sînt și mai multe. De aceea opinăm pentru necesitatea întreprinderii unor cercetări aprofundate care, pornind de la realitățile sistemului nostru național, să precizeze caracteristicile fenomenelor oglindite în variațiile de tensiune care însoțesc funcționări asincrone ale unor zone, modul concret în care trebuie să fie reglate și localizate asemenea instalații, precum și procedurile și căile de acționare pentru evitarea funcționării de durată în asemenea regimuri deosebit de grave. În același timp trebuie precizate și caracteristicile constructive (funcții, domenii de reglaj, mod de acționare etc.) ale viitoarelor instalații de automatică ce se vor realiza.

Ar fi, de asemenea, necesar să se cerceteze posibilitatea utilizării acestor tipuri de relee pentru acționări locale mai simple, cum ar fi deblocări de rețele, descărcări de sarcină sau insularizarea unor centrale pe consum local.

Ing. Gheorghe Rădoi — *Dispecerul Energetic Național (DEN)*. Criteriul pendulațiilor tensiunii nu poate constitui un principiu selectiv în determinarea și stabilirea acțiunii automaticilor de sistem, avîndu-se în vedere cel puțin două aspecte:

— centrul electric al oscilațiilor tensiunii depinde de configurația rețelei care, așa cum se cunoaște, poate avea modificări destul de frecvente;

— locul unde pot apărea oscilații de tensiune și nivelul acestora sînt dependente de perturbația considerată în calcule.

Din aceste considerente este indicat să se asocieze acest criteriu și cu un alt criteriu în corelație „și" — exemplu cu criteriul variației impedanței sau variația unghiului între vectorii tensiunilor de la extremitățile unei linii electrice de înaltă tensiune. Calcule de analiză a regimurilor tranzitorii se fac și în SEN—RSR, mai ales pe intervale de pînă la 3—4 secunde. Se impune analiza regimurilor tranzitorii și pe durate de timp mai mari de 3—4 secunde, pentru a observa regimul și în contextul acțiunii diverselor automatici existente în SEN.

Pentru asemenea analize este necesar însă să se inițieze cercetări pentru determinarea și stabilirea parametrilor grupurilor generatoare considerați în aceste calcule, cît și etalonarea programelor de calcul — mă refer la programul TEMI de analiză a regimului tranzitoriu pe termen mediu elaborat de către ICEMENERG.

Ing. Rudolf Zimand — *Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG)*. În sistemul electroenergetic românesc se utilizează, în prezent, două dispozitive destinate să detecteze apariția în sistemul energetic a unor oscilații periodice ale modulului tensiunii — pendulații, considerate a fi un criteriu al perturbării funcționării sincrone a diferitelor grupuri generatoare.

Ne propunem să analizăm, pe scurt, modalitățile prin care fiecare dintre acestea rezolvă sarcinile specifice ale unui asemenea aparat. Avînd în vedere și aparatul prezentat în articol, sînt în discuție următoarele dispozitive:

a) Aparat pentru detectarea automată a pendulațiilor și obținerea deconectării în caz de nesincronism — APOD, propus de dr. ing. Mihai Rusu și ing. Georgeta Rusu în articolul prezentat.

b) Protecția de deblocare în cazul ruperii sincronismului DRS 50, produs de firma ICE (Franța).

c) Dispozitivul de sesizare a pendulațiilor—DSP, produs de ICEMENERG.

1. Detectarea oscilațiilor de tensiune

Toate cele trei aparate detectează oscilațiile de tensiune ca variații periodice, succesiv cu amplitudini pozitive, respectiv negative, față de o valoare-prag prescrisă. Valorile maxime și minime pe care le capătă modulul tensiune în cursul procesului de pendulații depind de nivelul tensiunii în rețea în momentele premergătoare perturbării funcționării sincrone, de depărtarea relativă a punctului unde se efectuează măsurarea față de centrul electric al sistemului (oscilația tensiunii este cu atît mai profundă cu cît punctul de măsură este mai apropiat de centrul electric), de valoarea unghiului de defazaj între tensiunile electromotoare echivalente ale grupurilor de generatoare care pendulează între ele (oscilația tensiunii este cu atît mai profundă cu cît acest unghi este mai mare).

Ținînd seama că, în funcție de natura perturbației care a provocat pendulațiile, poziția centrului electric și valoarea maximă a unghiului de defazaj între t.e.m. pot diferi, ca și nivelul inițial al tensiunii, se vede că profunzimea oscilațiilor tensiunii poate căpăta valori diverse și deci alegerea valorii pragului reglat de tensiune este o problemă dificilă.

Cele trei aparate comparate diferă după gradul de elasticitate pe care îl oferă pentru reglarea acestui parametru: APOD propune un nivel de tensiune reglabil în domeniul 40—90% din tensiunea nominală. DRS—50 prezintă posibilitatea reglării valorii nivelului de tensiune în domeniul 40—80% din valoarea tensiunii în punctul considerat, înainte de începerea procesului de oscilații. DSP are două niveluri reglabile independent între ele, în domeniul 60—120% U_{nom} pentru a putea detecta fenomene de pendulații de diferite grade de profunzime.

Domeniul frecvenței oscilațiilor de tensiune care pot fi sesizate este de 1—4 Hz (putînd fi eventual, lărgit) la APOD, 0,5 — 4 Hz la DRS—50 și 0,1 — 4 Hz la DSP.

2. Discriminarea proceselor de pendulație în raport cu scurtcircuitele

Deoarece scurtcircuitul și eliminarea sa ulterioară prin declanșarea ramurii avariate se manifestă ca o scădere urmată de creșterea tensiunii în rețea, este nevoie ca dispoziti-

vele de sesizare a pendulațiilor să aibă mijloace de discriminare a acestor două tipuri de procese.

APOD și DRS—50 procedează asemănător: valoarea tensiunii în fiecare semialternanță a ciclului de pendulație este comparată cu valoarea tensiunii din semialternanța precedentă. Deoarece scăderea, respectiv creșterea tensiunii, este lentă la pendulații și rapidă la producerea, respectiv la izolarea scurtcircuitelor, oscilația tensiunii este recunoscută prin aceea că prezintă cel puțin zece alternanțe cu valori succesiv mai mici, urmate de cel puțin patru semialternanțe cu valori succesiv mai mari. De asemenea, este impusă restricția ca tensiunea semialternanței a treia din seria de zece semialternanțe scăzătoare să aibă o valoare superioară pragului reglat. Trebuie semnalat că această ultimă condiție face ca să nu poată fi sesizate, cu un aparat avînd un reglaj dat, atît oscilații de tensiune profunde, cît și oscilații puțin profunde.

DSP discriminează cele două procese în funcție de viteza cu care tensiunea scade într-o zonă de 25%, amplasată la dorință în domeniul 60—95% din tensiunea nominală.

3. Modalitatea de elaborare a comenzii (a semnalului) la ieșire

Toate cele trei aparate execută o numărătoare a ciclurilor de pendulații, ciclul fiind definit de o scădere monotonă urmată de o creștere monotonă a tensiunii. Semnalul de ieșire poate fi dat după încheierea unui număr de cicluri cuprins între 1 și 5 la APOD și DRS—50. DSP permite executarea unor comenzi diferențiate, dozate după gravitatea și durata procesului de pendulație. Pentru aceasta se dispune de trei semnale de ieșire, fiecare corespunzînd unui număr de cicluri reglabil independent din șirul 1—15 cicluri. Comenzile se pot da fie succesiv, fie în două etape separate între ele printr-o pauză, pentru a da posibilitatea procesului de pendulații să se dezamorseze după efectuarea primei comenzi.

Dat fiind că aceste dispozitive sînt în curs de implementare în rețelele țării noastre, este necesară experiența de exploatare, care, împreună cu cercetările de regimuri, vor aduce elementele necesare pentru tragerea unor concluzii atît asupra criteriului în sine, cît și asupra aparaturii de utilizat.

Bibliografie

[1] * * * *Protection de débouclage en cas de rupture de synchronisme.* Prospect ICE 1971.

[2] * * * *Dispozitiv de sesizare pendulații — DSP.* Prospect ICEMENERG, 1982.

Dr. ing. Jean Constantinescu — *Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG).*

Contorizarea oscilațiilor de tensiune constituie un criteriu simplu de identificare a regimului asincron în sistemele electroenergetice complexe. Contoarele de oscilații de tensiune au fost introduse în sistemul EdF începînd cu mijlocul anilor'60. Ipoteza de bază avută în vedere a fost aceea că oscilațiile asincrone (cu frecvența cuprinsă între 0,5 și 4 Hz) se pot naște numai între zone relativ „omogene" ale sistemului electroenergetic.

Automaticile destinate să controleze regimul asincron sînt folosite pe scară largă în SEE ale URSS [1]. Ele au la bază criterii multiple, stabilite, de regulă, pe modele simplificate, cu două mașini, ale SEE. Automaticile sînt realizate cu relee cu acțiune instantanee (trifazate de curent, de putere activă, de impedanță), cu dispozitive de sesizare a regimului asincron pe baza unghiului dintre fazorii reprezentativi ai celor două tensiuni sau cu contoare de cicluri de pendulații care au drept organe de demaraj relee de curent, de putere sau de impedanță. Soluția stabilită în prezent implică trei etape de verificări și anume: a) identificarea regimului asincron după viteza de variație în timp a impedanței aparente; b) verificarea schimbării de semn a puterii activ într-o zonă de impedanță și formarea unui impuls după un anumit număr de cicluri; c) contorizarea impulsurilor un interval de timp considerat necesar pentru sincronizare (15 — 30 secunde).

Patru companii principale de electricitate din Japonia [4] au introdus, de circa 10 ani, sisteme numerice destinate să evite extinderea perturbațiilor în SEE. Aceste sisteme au următoarele funcțiuni: evitarea pierderii sincronismului, suprasarcinilor, căderilor de tensiune provocate de modificarea bruscă a schimburilor de energie, frecvenței anormale datorate dezechilibrelor de puteri (CIGRE 34—03 1982). Echipamentele de supraveghere a stabilității detectează diferitele categorii de oscilații ale puterii pe liniile de interconexiune dintre subsisteme și acționează în sensul descărcării acestor linii. Echipamentele de comandă a acțiunilor preventive de salvare, prin secționări adecvate în rețele, destinate să evite pierderea sincronismului, au ca organe de detecție dispozitive de măsură eșantionată a tensiunilor și curenților. Alte echipamente compară schimburile de putere înainte de defect cu tipul defectului și stabilesc diminuările necesare pe baza rezultatelor simulărilor „off-line".

În concluzie, experiența acumulată pînă în prezent în cîteva SEE reprezentative nu a consacrat o concepție unitară în domeniu, dar evidențiază tendința către realizarea unor sisteme automate de întrerupere a funcționării asincrone, avînd la bază *criterii complexe de detecție* a acestui regim.

Folosirea criteriilor simple întîmpină dificultăți privind, mai ales, asigurarea desensibilizării față de scurtcircuite, oscilațiile asincrone în secțiunile de rețea vecine, oscilațiile lente sincrone. De aceea, criteriile simple tind să fie folosite în automatici cu acțiune locală sau pe legături slabe de rețea care funcționează în paralel cu artere importante.

În ceea ce privește criteriul oscilației de tensiune este de remarcat faptul că selectivitatea automaticii depinde într-o măsură însemnată de poziția dispozitivelor de detecție în raport cu centrul electric al oscilațiilor asincrone (care nu este fix).

În sfîrșit, preocupările susținute ce se manifestă în diverse țări, îndeosebi în acelea ale căror sisteme electroenergetice sînt implicate în tranzite importante de puteri, arată că automaticile antiavarie nu reprezintă o soluție conjuncturală, provizorie. Eforturile de cercetare ce se întreprind au drept obiective, printre altele, stabilirea funcțiunilor, condițiilor, criteriilor și algoritmilor de acționare ale automaticilor, elaborarea condițiilor tehnice pentru aparatură, testarea eficienței și performanțelor echipamentelor în condiții reale de funcționare. Acest domeniu, de mare interes în viitorul apropiat, implică o strînsă colaborare între specialiștii în protecții, informatică, telecomunicații, exploatarea și dezvoltarea SEE.

Bibliografie

[1] Barzan, A. *Automation in electrical power systems*, Mir Publishers, Moscow, 1981.

[2] Knight, U.G. *A review of emergency control of power systems*, IFAC/CIGRE Symp., 1983 (Survery Paper C).

[3] Knight, U.G., Mogridge, L. *A report on a further survey of major disturbances*, IFAC/CIGRE Symp., 1983 (207-06).

[4] Matuoka, S. ș.a. *Système de protection destiné a eviter l'extension d'une perturbation dans les réseaux puissants* CIGRE, 1982 (34—03).

Dr. ing. Pavel Eugeniu — *Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG).*

Opiniile exprimate și, în general, luările de cuvînt arată în primul rînd importanța problemei discutate și actualitatea ei nu numai în țara noastră, ci și în alte țări, care au tehnici și tehnologii mai dezvoltate. În fond, chestiunea alegerii unui criteriu și, ca urmare a unui dispozitiv pentru predeterminarea ieșirii din sincronism a grupurilor generatoare dintr-un sistem electroenergetic este dependentă de mai multe elemente, dintre care aș sublinia și acela referitor la particularitățile configurației rețelelor din sistemul electroenergetic.

Este evident că aceste particularități sînt o urmare a dezvoltării istorice obiective a sistemelor electroenergetice respective, a configurației geografice a teritoriilor și în final a nivelului de dezvoltare economică și industrială a țărilor respective. De aceea, în diverse țări, tratarea problemei prevenirii avariilor extinse datorate ieșirii din sincronism s-a făcut în mod diferit, așa cum a rezultat și din luările de cuvînt pe baza informațiilor citate prin bibliografiile referitoare la tratarea problemei în U.R.S.S., Franța, Japonia, Anglia etc.

În țara noastră, particularitățile sistemului electroenergetic sînt legate, în special, de repartizarea naturală a energiei primare și de forma geografică a țării noastre. De aceea, în sistemul electroenergetic au rezultat unele legături cu lungimi electrice relativ mari și deci posibilitatea alegerii limitei de stabilitate. Avaria din 10 mai 1977 a fost un exemplu al fenomenelor posibile. Măsurile stabilite atunci pe baza analizei avariei au fost complexe și au scos în evidență necesitatea efectuării unor ample studii și cercetări. Între timp, așa cum a rezultat din discuții, și alte țări au avut astfel de preocupări și deci au apărut noi informații.

În prezent și în viitorul apropiat, creșterea complexității sistemului electroenergetic românesc și mai ales a numărului și importanței interconexiunilor cu sistemele electroenergetice ale țărilor vecine complică și mai mult problema se impune luarea unor măsuri imediate pentru realizarea unor automatici antiavarie, moderne, selective și eficiente.

Cred că este momentul ca pentru finalizarea într-o primă etapă a concluziilor, să se reactualizeze și să se intensifice programul de lungă durată al studiilor și cercetărilor necesare SE. Soluțiile date prin schemele de dispozitive elaborate de autorul articolului de mai sus, de ICEMENERG sau de alții și discutate azi se referă la criteriul oscilațiilor de tensiune. Cercetările care vor aprofunda analizele de regimuri dinamice de sistem vor aduce completările teoretice și practice necesare pentru creșterea siguranței de funcționare. Cu această ocazie se vor revedea și celelalte criterii în scopul definitivării unei concepții proprii aplicabile.

Automatic Voltage Oscillations Detections in Case of Electric Power Systems Asynchronous Operation

(Condensed from the Paper in Romanian)

Mihai Rusu, D. Sc., Georgeta Rusu, Grad. Eng.

The asynchronous operation produces voltage oscillations.

In order to detect the pendulations phenomenon, a device was built — APOD — meant to automatically eliminate the unstable areas preserving the stable areas

The device supervises local voltage variations in order to detect the asynchronous operation of the electric power system.

The pendulations can be observed by the voltage decrease during at least 10 successive semialternances. A voltage increase of the duration of at least two semialternances follows next.

For the detection of the pendulations, in every semialternance the memory of the device with the voltage peak value is loaded, comparing the values registered in two succesive semialternances.

Thus after the first four decreasing alternances the voltage level is compared to the preestablished level and it is considered that a pendulation is possible to occur only if the voltage level has decreased under this preestablished value. The counting of decreasing semialternance up to ten is continued further.

If the last pendulation at least is smaller than the preestablished level it results that one talks about a voltage amplitude variation for at least 100 ms, with a profoundness that could endange rthe power system.The voltage amplitude increase is then surveyed. If this one is relatively slow as well taking for at least two semialternances (during which the voltage value is under the preestablished level) the existence of pendulations is confirmed. If any of these condition is not fulfilled the device comes back to 0 considering that the voltage variation is not significant and is not dangerous for the system.

With these precautions the device APOD can give a signal from the first pendulation already, eliminating the danger of faulty triggering during shortcircuits follwed by rapid automatic recouplings.

APOD can be used for voltage pendulations detection with a period between 0.2 and 3 s having variations around a controllable level between 40% and 90% of the rated voltage of 100 V.

The device is constructed on integrated circuits having a reduced weight (mass = 3.5 kg).

★

George Moraite, D. Sc. — *Energy Studies and Design Institute (ISPE)* 1. Most extended failures which occured during the last 20 years in different countries have been due to perturbations which have induced power and voltage oscillations in the electric transport network. These oscillations were of a sufficient amplitude as to activate the line protections (mainly remote protection which do not induce a blockage during pendulations but for actuations during the first step) and the generating protections.

The inquiries carried out with in CIGRE about the development of phenomena in a network during the failure extension in different countries have outlined the fact that the power and voltage oscillations period extension was between 0.5 s and 10 s and that they have been due mainly to the static instability caused by overloads in the network after tripping through the own protection one or more lines. A recent paper presents a recent statistics of the stability loss causes, a phenomenon characterized by network power and voltage oscillations.

It is mentioned thus that about 86% of the stability loss cases are due to network overloads after tripping, 1—2 lines or after commissioning high power generators; 9% of the cases are due to network shortcircuits (of which 3% lead to asynchronous oscillations); 5% of the cases refer to other perturbations such as the generators excitation loss as well.

2. For limiting failures extension after perturbations which lead to dangerous power and voltage oscillations different countries have begun to use automatic devices for the detection of these oscillations' occurence and for the damping of these oscillations and of network offswitching (insularization). It is considered for the moment that one of the most selective criteria for oscillations detection refers to the apparent impedance variation level ($Z_a = U/I$) at the generator terminals and within the transport network substations on certain important branches.

Other criteria refer to the time variation manner of the active and reactive powers on the line, of the active power at the high power generators terminals, of the internal generators' angle as well as of the network voltage.

3. On the basis of a complex analysis of transients produced by several failures types, the ISPE has elaborated some items for dangerous oscillations detection devices based on following criteria: impedance, active power, voltage.

After the approval of these items by experts from DEN ICEMENERG has built impedance variation manner detection devices at generators terminals during asynchronous regimes as well as network voltage oscillations detection devices. These devices are to be implemented in the entire power system.

4. Referring to the voltage oscillations detection device this one has improved operation data as compared to the devices built abroad, since it detects voltage oscillations with periods longer than 2 s and with minimal voltage value

during oscillations of less than 85% of the rated voltage value. Thus, this device can be used also the for automatic network disconnection, from the first voltage oscillations striking phase already, in order to damp these oscillations. The network cutting off for failure extension prevention is justified only if the oscillations continue after such an automatic disconnection.

5. The voltage oscillations criterion adopted for the system automatic devices for limiting failure extension in spite of the fact that it is less selective than the impedance criterion is used nevertheless in France, within the electric transport network switching off automatic devices as well as for tripping interconnection lines with neighbouring countries.

We consider that the voltage oscillations devices will have a limited operation field in the future within the distribution network (including with 110 kV), within the load discharge automatic devices and for the insularization of generators units with local consumption, in this last case, together with the main criterion of frequency decrease.

In what regards the automatic offswitching of the transport network we consider that the main criterion will be the one of impedance coupled to other criteria, such as: $P-Q$ variation on the line, the voltage phase shift variation speed in certain substations, the active power variation speed on the line, etc.

Within the studies for the development of an automatic device for failure extension limiting, the ISPE envisages such criteria following mainly the selectivity increase of automatic network offswitching actuating devices in unsteady regimes.

Bibliografie

[1] Sovalov, S.A. *Rejimi edinai energosistemi*. În: Energoatomizdat, Moscova, 1983.

Gheorghe Broşteanu, Grad. Eng. — *National Energy Dispacher (DEN)*. The presented apparatus correctly detects voltage oscillations. It can not distingu'sh between synchronous and asynchronous oscillatior s. The fact that it counts the oscillations' cycles (up to four includingly) before releasing some instructions gives the possibility for some network parts to synchronize themselves, in some cases. In such cases and networks, the apparatus is to be used as such. In very important electric networks when the asynchronous oscillations have to be detected very quickly and as correctly as possible, the presented apparatus can be used only as a triggering element in a diagram in which the final decision is to be attributed to a device which can detect quite precisely the asynchronous oscillations, device based on other criteria (e.g. the apparent impedance variation as seen by a lenticular characteristic relay, the cyclic reversal of the active power direction, etc.).

Andrei Cristovici, D. Sc. — *Energy Studies and Design Institute (ISPE)*. For the analysis of oscillations phenomena, the operation equations of two generators have been described analytically. An "electric center" of the oscillations can be defined in such a diagram and the electric values variations which characterize the oscillations can be determined. In the circumstances of a complex scheme with several generators with different characteristics the calculations have shown that an "electric center" of the oscillations is more difficult to be defined. More still, one can see that the "electric center" travels to different points within the network, during the oscillations phenomenon evolution. This raises an important problem from the point of view of an oscillations detecting device, i.e. of their "selectivity", depending on the location of these devices and on the criteria they detect.

I believe that one of the problems which deserves further study constitutes the analysis of achieving a better selectivity between the oscillations detection devices, on the basis of the cycles they are governed by.

Ion Buga, Grad. Eng. — *National Energy Dispatcher (DEN)*. The voltage pendulations criterion is not a safe one for the outlining of a system stability loss and thus it is not indicated for the voltage pendulations detection device to carry such an important function as the system separation in case of failure but only to unload it. On the other hand the pendulations detection relay (device) is constructively a complicated and complex device, with a relatively high price.

The conclusion to be drawn is that an extension of the studies and researches for the determination of new criteria, associated ones, eventually, for the outlinig of the asynchronous operation occurence of our system and based on this, for building suitable devices whose separation actuation should prevent the national power system stability loss.

Marius Pomârleanu, D. Sc. — *Energy Research and Modernizing Institute (ICEMENERG)*. The problem of identification of very severe situations as are those caused by the asynchronous operation of some more or less wide system areas is quite difficult. The difficulty to identify these situations is increased further in the case of electric power systems with a strongly looped transport network such as the network of our national system.

If in the case of interconnections consisting of only some high voltage tie lines the asynchronous operation can be detected by installations similar to those used with high power generators (lenticular characteristic impedance relays) it seems that for strongly interconnected areas the only indicator is the occurence of cyclic voltage variations with certain amplitudes and oscillation periods, i.e. by means of the devices presented in the discussed paper.

Unfortunately the operation experience with such type of automatic devices which separate the asynchronously operating areas is quite reduced, and with us, although ICEMENERG has begun to build such equipment, the unknows are even more numerous. Therefore we consider as absolutely necessar some extensive researches which, starting from the realities of our national system should outline the characteristics of the phenomena mirrored in operation in some areas, the concrete manner for the control and location of such installations as well as the procedures and approaching ways for avoiding long range operation in such extremely dangerous regimes. At the same time the construction characteristics (functions, control area, operation manner, etc.) of the future automatic devices must be established as well.

It would be also necessar to study the possibility to use such types of relays for local simpler actuatings as are network unlooping, load sheddings or isolation of some plants on local consumption.

Gheorghe Rădoi, Grad. Eng. — *National Energy Dispatcher (DEN)*. The voltage pendulations criterion cannot constitute a selective criterion for the determination and establishing of system automatic devices operation because of at least two reasons:

— the electric center of the voltage oscillations depends on the network configuration which, as it is well-known, can suffer quite frequent changes;

— the possible location of voltage oscillations and their level depend on the perturbation considered in the calculations.

Owing to these considerations it is indicated to associate this criterion with another criterion in condition "and" e.g. with the impedance variation criterion the angle between the voltage vectors from the extremities of a high voltage line. The transients analysis calculations are carried out for the Romanien national power system as well, mostly for intervals up to 3—4 seconds. The transients analysis for periods longer than 3—4 seconds imposes itself in order to study the regime and in the context of the oparation of different automatic devices existing in the national power system.

Such analyses need researches for the determination and establishment of the generators units parameters consi-

dered in these calculations, as well as the standardization of calculation programs. I refer to the medium term transients analysis program TEMI elaborated at ICEMENERG.

Rudolf Zimand, Grad. Eng. — *Energy Research and Modernizing Institute (ICEMENERG).* In the Romanian electric power system two devices are used at present meant to detect the appearance in the power system of some periodic voltage module oscillations — pendulations — considered to be a criterion for the synchronous operation perturbation of different generator units.

We propose a short analysis of the manners in which each one solves the specific tasks of such an apparatus. Considering the presented apparatus the paper presents for discussion following devices:

a) An apparatus for the automatic pendulations detection and the obtaining of a disconnection in case of unsynchronism — APOD — proposed by Mihai Rusu, D.Sc. and Georgeta Rusu, Grad. Eng. in the paper appeared in „Energetica".

b) The unlooping protection in case of synchronism breaking — DRS 50 — produced by the company ICE (France).

c) The pendulations detection device — DSP — produced by ICEMENERG.

1. Detection of voltage oscillations

All three apparata detect the voltage oscillations as periodic variations, successively, with positive, respectively negative amplitudes, as compared to a nominal threshold value. The maximal and minimal values of the voltage module during the pendulations process depend on the network voltage level during the moments producing the synchronous operation perturbation, on the relative distance of the measurement point versus the system's electric center (the closer the measurement point to the electric center, the deeper the voltage oscillation), on the value of the phase shift angle between the equivalent electromotor voltage of generator units which are in pendulation (the larger the angle the deeper the voltage oscillation).

Considering the fact that depending on the perturbation nature which has provoked the pendulations, the electric center position and the maximal value of the phase shift angle between the electromotor voltage can differ, as well as the initial voltage level, it can be seen that the voltage oscillations deepness can acquire different values, so that the choice of the controlled voltage limit value is a difficult problem.

The three compared apparata differ upon the elasticity degree offered for the control of this parameter. APOD proposes a controllable voltage level in the range 40—90% of the rated voltage. DRS 50 enables the voltage value level control in the range 40—80% of the voltage value in the considered point, before the oscillations process initiation. DSP contains two independently controllable levels, in the range 60—120% U_{nom} in order to detect the pendulations of different profoundness.

The detectable voltage oscillations frequency range is of 1—4 Hz (liable to widening) for APOD, 0.5 — 4Hz sor DRS—50 and 0.1—4 Hz for DSP.

2. Discrimination of pendulation processes depending on shortcircuits

Since the shortcircuit and its subsequent elimination by the disconnection of the damaged branch appears like a decrease followed by the increase of the voltage in the network, it is necesar that the pendulations detection devices should have means to discriminate between these two types of processes.

APOD and DRS—50 act similarly: the voltage value in every pendulation cycle semialternance is compared to the voltage value of the preceding semialternance. Since the voltage decrease, i.e. the increase, is slow during pendulations and rapid during the shortcircuits occurence, i.e. isolation, the voltage oscillation is recognized by the fact that it presents at least ten alternances with successively decreasing values followed by at least four semialternances with successively increasing values. The restriction is imposed as well, so that the third semialternance voltage from the series of ten decreasing semialternances should have a value higher than the one of the controlled threshold. It should be noticed that this last condition prevents from detection profound voltage oscillations as well as less profound voltage oscilations with a given apparatus.

DSP discriminates between the two processes depending on the voltage decrease speed in a 25% area located at wish in the 60—95% area of the rated voltage.

3. The control (output signal) elaboration manner

All the three apparata carry out a counting of the pendulations cycle, the cycle being defined by a monotonous voltage decrease followed by a monotonous voltage increase. The output signal can be given after the end of a number of cycles comprising between 1 and 5 are APOD and DRS—50. DSP enables the execution of differentiated controls according to the pendulation process gravity and duration. Therefore it has three output signals, every one corresponding to a number of independently controllable cycles of the chain of 1—15 cycles. The control can be given successively or in two stages, each one separated from the other by a pause in order to enable the pendulation process to extinguish after the first order.

Since these devices are to be implemented in the networks of our country, an operation experience is needed further which, together with the researches on the regimes will bring also the elements needed for drawing conclusions upon the criterion itself, as well as upon the apparata to be used.

Bibliografie

B1] * * * *Protection de débouclage en cas de rupture de synchronisme.* Prospect ICE 1971.

[2] * * * *Pendulations Detection Device — DSP.* Prospect ICEMENERG, 1982.

Jean Constantinescu, D. Sc. — *Energy Research and Modernizing Institute (ICEMENERG).* The voltage oscillation registration is a simple criterion for the asynchronous regime identification in complex electric power systems. The voltage oscillations counters have been introduced in the system of EdF in the mid sixties. The basic hypothesis observed has been the one that asynchronous oscillations (of frequencies between 0.5 and 4 Hz) can occur only between relatively „homogeneous" areas of the power system.

Automatic devices for the asynchronous regime control are widely used in the power systems of the USSR [1]. They are based on multiple criteria established as a rule, on simplified, two machines models, of the power system. The automatic devices consist of instantaneously acting relays (triphasic current, active power, impendance ones), with asynchronous regime detection devices by the angle between the representative phasors of the two voltages or with pendulation cycles counters triggered by current, power or impedance relays. The presently applied solution implicates three checking stages, i.e.: a) the asynchronous behaviour identification according to the time variation speed of the apparent impedance; b) checking the active power sign change in an impedance domain and the formation of an impulse after a certain number of cycles; c) registration of the impulses for a time interval considered as necessar for synchronization (15—30 seconds).

Four main electricity companies have introduced in Japan for about 10 years, numerical systems meant to avoid perturbations extension in the power system [4]. These systems have the following functions: avoiding the loss of synchronism, overloads, voltage dips caused by a sudden change of electric exchanges, abnormal frequency due to power imbalances (CIGRE 34—03 1982). Stability evaluation equipment detects different power oscillations cathegories on the interconnection lines between subsystems and actuate in order to unload these lines. Preventive ac-

tions safeguard control equipment, by adequate network disconnection, meant to avoid the loss of synchronism, have as detection devices discrete voltage and current measuring meters. Other types of equipment compare the power exchanges before a disturbance to the disturbance type and decide on the necessar decreases by means of „off-line" simulations results.

As a conclusion, the experience acquired so far in several representative electric power systems has not imposed a unique conception in the field, but it outlines the tendency to build automatic asynchronous operation switching systems based on *complex detection criteria.*

Simple criteria are difficult to be used since they provoke difficulties in ensuring the disensibilization towards short-circuits, asynchronous oscillations in the neighbouring network sections, slow synchronous oscillations. Therefore, simple criteria tend to be used only in automatic local acting devices or to control weak network connections, operating in parallel with important branches.

In what regards the voltage oscillation criterion the fact is to be outlined that the automatic's selectivity depends to an important extent on the position of detection devices versus the electric center of asynchronous oscillations (which is not an immobile one).

Finally, the intense concern of different countries, mainly those whose electric power systems are implicated in important energy transports, shows that emergency automatic devices are not a conjunction momentary solution. The research efforts aim among others towards the establishing of functions, conditions, criteria and algorithms for the operation of automatic devices, towards the imposing of technical characteristics for the equipment, towards testing the efficiency and performance of the equipment in real operation conditions. This field of large interest in the near future implies a close cooperation between the experts in protection, data processing, telecommunications, control, operation and development of the electric power system.

Bibliografie

1] Barzan, A. *Automation in electrical power systems*, Mir Publishers, Moscow, 1981.

2] Knight, U.G. *A review of emergency control of power systems*, IFAC/CIGRE Symp., 1983 (Survey Paper C).

3] Knight, U.G., Mogridge, L. *A report on a further survey of major disturbances*, IFAC/CIGRE Symp., 1983 (207-06).

4] Matuoka, S. ş.a. *Système de protection destiné a eviter l'extension d'une perturbation dans les réseaux puissants*, CIGRE, 1982 (34-03).

Pavel Eugeniu, D. Sc. — *Energy Research and Modernizing Institute (ICEMENERG).* The opinions expressed and generally the discussions show in the first place the importance and up-to-dateness of the problem discussed, not only in our country, but also in other countries with more developed technologies and techniqu s. Basically, the question of choosing a criterion and then, a device for predetermining the asynchronous operation of the generator units of a power system depends on several elements from which I would like to underline the one referring to the electric power system configuration peculiarities.

It is obvious that these peculiarities are a result of the objective historical development of the respective electric power systems, of the territorial geographical configuration and finally, of the industrial and economic development level of the respective countries. Therefore, the approach of the prevention problem of extended failures due to asynchronous operation is a different one for different countries, as it has resulted from the comments of information quoted in the references regarding this subject matter in the U.S.S.R., France, Japan, Great Britain, etc.

In our country, the peculiarities of the electric energy system are connected mainly on the natural repartition of primary energy and on the geographic shape of the country. Therefore, some relatively long electric connections have been established in the electric energy system and thus the possibility to reach the stability boundary has resulted. The failure from May 10, 1977 was an example for the possible phenomena. The measures taken at the time after analyzing the failure were quite complex ones and have underlined the necessity of extended studies and research work. In the meantime, as it resulted from the comments some other countries showed concerns in this respect and there was published new information on the item.

In the present and in the near future, the increase of the Romanian electric power system, expecially the number and the importance of the interconnections with the neighbouring countries power systems, seriously complicates the problem; immediate measures to accomplish any modern, selective and efficient safequard automation are imposed.

I think the moment has come that for drawing the conclusions of this first stage, the long range studies and researches program for electric power systems should be intensified. The solution given by the devices schemes elaborated by the author above paper, by ICEMENERG or others and discussed today refer to the voltage oscillations criterion. The researches meant to enrich the dynamic system analyses will provide the theoretical and practical background necessar to increase the reliability. On this occasion, the other criteria will be reviewed as well in order obtain a final applicable own conception.

Reglajul tensiunii şi puterii reactive pe baza diagramelor de funcţionare limită a unei centrale electrice interconectate într-un sistem electroenergetic

Ing. Mihai Moga, ing. Andras Jenes*

1. Introducere

Ca urmare a buclării tot mai strînse a sistemelor electroenergetice (SE), a apariţiei de noi nivele de tensiune, problema reglajului de tensiune şi putere reactivă a căpătat aspecte noi, deosebite de cazul simplu al reglajului între anumite limite de tensiune pe o bară.

Aspectele noi sînt datorate, pe de o parte, creşterii complexităţii SE, iar, pe de altă parte, cerinţelor noi impuse reglajului de tensiune [1]:

— funcţionarea economică în ansamblul sistemului;

— obţinerea unui nivel de tensiune corespunzător la barele de consum ale sistemului;

— siguranţa funcţionării sistemului;

— utilizarea raţională a surselor de putere reactivă.

În aceste condiţii reglajul tensiunii şi puterii reactive este îngrădit de o serie de restricţii, care trebuie respectate în practica exploatării operative de către dispeceri [2], în paralel cu tendinţa realizării unor regimuri de funcţionare optime.

Restricţiile generale impuse reglajului de tensiune şi putere reactivă sînt [1,3]:

— încadrarea tensiunii în noduri în banda admisibilă de tensiuni de durată;

— limitările privind încărcarea cu putere reactivă a generatoarelor şi a altor surse de putere reactivă.

În vederea realizării unor regimuri de funcţionare cît mai economice, în afara respectării restricţiilor de mai sus, se urmăreşte:

— îngustarea benzilor de variaţie a tensiunii şi menţinerea sa la niveluri ridicate;

— reducerea la minimum a circulaţiei de putere reactivă;

— reducerea frecvenţei schimbării sub sarcină a ploturilor prizelor transformatoarelor de putere;

— reducerea investiţiilor pentru realizarea reglajului.

Realizarea acestor obiective este posibilă fie prin utilizarea unor sisteme de reglaj automat centralizat, care presupun comandă de la un calculator unic a producţiei de energie reactivă, a poziţiei prizelor transformatoarelor, a consemnului tensiunii la bornele generatoarelor etc., fie prin sisteme de reglaj descentralizat automat sau manual, în funcţie de modul de execuţie a comenzilor [2].

Deoarece primul sistem necesită un volum extrem de mare de informaţii şi comenzi ce trebuie transmise, ceea ce implică investiţii deosebit de mari, în majoritatea ţărilor există orientarea spre dezvoltarea reglajului descentralizat al tensiunii [1].

În ceea ce priveşte R.S.R. situaţia actuală corespunde unei bune dotări cu surse de putere reactivă amplasate în mod raţional, existînd orientarea, cel puţin într-o primă etapă, pentru efectuarea în cît mai bune condiţii a reglajului descentralizat [5]. În acest caz este necesară stabilirea unor grafice de reglaj a tensiunii, în primul rînd în centralele electrice, care reprezintă principalul mijloc de reglaj al tensiunii (considerînd posibilităţile de modificare a excitaţiei generatoarelor şi a rapoartelor de transformare a transformatoarelor din staţiile proprii).

Prezenta lucrare fiind dedicată acestui scop, urmăreşte stabilirea domeniilor posibile de funcţionare a unui generator echivalent în planul U—Q, respectînd restricţiile impuse tensiunii şi puterii reactive. S-a considerat pentru aceasta, un subsistem electroenergetic de dimensiuni reduse (fig. 1), avîndu-se în vedere optimizarea nivelului de tensiune pe ansamblul sistemului prin optimizări parţiale realizate prin reglajul descentralizat al tensiunii şi puterii reactive.

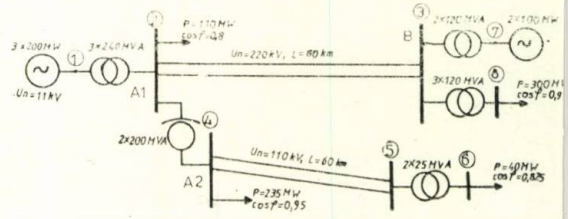


Fig. 1. Schema electrică monofilară a sistemului electroenergetic considerat.

Datorită slabei dependenţe între puterea activă şi tensiune şi între puterea reactivă şi poziţia relativă a rotoarelor generatoarelor sincrone [6], schimbarea punctului de funcţionare în planul U—Q afectează nesemnificativ încărcarea cu putere activă a generatorului, astfel încît problema reglajului puterii active şi a frecvenţei poate fi tratată absolut separat

* Ing. Mihai Moga este asistent la catedra de Electroenergetică a Institutului Politehnic „Traian Vuia" — Timişoara, ing. Andràs Jenes lucrează la Exploatarea Minieră Anina.

2. Sistemul electroenergetic și regimurile de funcționare considerate

Urmărindu-se rezolvarea problemelor reglajului de tensiune și putere reactivă într-o centrală electrică prevăzută cu stație de transformare proprie, s-a considerat o parte dintr-un SE complex, constituit dintr-o centrală îndepărtată (localitatea A) de mare putere, prevăzută cu stație de transformare cu trei niveluri de tensiune și un centru de consum (localitatea B), în care există o centrală de putere relativ mică (fig. 1).

Plecările de pe barele de înaltă tensiune, A1 și A2, din stația A sînt reprezentate prin consumatori complecși echivalenți, racordați pe aceste bare. Reprezentarea corectă a acestora implică cunoașterea caracteristicilor statice de putere, ceea ce, în general, este practic imposibil pentru majoritatea consumatorilor echivalenți constituiți din rețele electrice de distribuție vaste. Literatura de specialitate oferă în acest sens o gamă foarte largă de caracteristici de putere [6]; în prezenta lucrare s-a optat pentru două moduri simple de reprezentare, ca posibilități extreme de comportare a consumatorilor în regimurile staționare:

a) putere constantă: $\underline{S} = \text{const.}$ ($P = \text{const}$, $Q = \text{const}$);

b) impedanță constantă: $\underline{Z} = \text{const.}$ ($P = k_1 U^2$, $Q = k_2 U^2$).

Legătura cu ansamblul SE se realizează prin plecările de pe bara A2, nodul 4, considerat nod de control al tensiunii.

Problemele referitoare la reglajul tensiunii și puterii reactive au fost studiate considerînd regimul normal staționar corespunzător încărcării active de 60% din încărcarea de bază (indicată în figura 1). Cele două centrale electrice prevăzute fiecare cu mai multe grupuri generatoare conectate în schemă bloc cu transformatoarele ridicătoare, au fost echivalate cu cîte un grup generator — transformator echivalent, considerînd comportarea identică din punctul de vedere al reglajului tensiunii și puterii reactive, conform anexei.

3. Condiționări considerate la stabilirea reglajului de tensiune și putere reactivă

În realizarea reglajului tensiunii și puterii reactive într-un SE, intervin două categorii de condiționări:

a) restricții cu caracter obligatoriu, a căror încălcare duce la perturbații grave ale funcționării sistemului;

b) considerente privind funcționarea optimă (economică) a SE, în sensul reducerii la maximum a consumului propriu tehnologic și a uzurii echipamentelor energetice.

Din prima categorie de condiționări, numite în continuare restricții, s-au considerat următoarele:

1) Limitele admisibile de variație a tensiunii în nodurile de interconexiune a rețelelor de înaltă tensiune, stabilite pe baza solicitării maxime admise, a perturbațiilor radiofonice maxime și respectiv pe baza condițiilor de funcționare stabilă și asigurării capacității nominale de transport a rețelei electrice. Valorile considerate pentru aceste limite în funcție de nivelul de tensiune sînt:

106 — 123 kV pentru nivelul de 110 kV;

203 — 245 kV pentru nivelul de 220 kV;

380 — 420 kV pentru nivelul de 400 kV.

2) Limitele de încărcare a surselor de putere reactivă (generatoare și compensatoare sincrone). Pentru generatoarele sincrone, care constituie principala sursă de putere reactivă în sistem, limitele maxime de încărcare cu putere reactivă s-au considerat cele rezultate pe baza condițiilor:

$I_{max_s} \leq I_{n_s}$; și $I_{max_r} \leq I_{n_r}$, unde indicii s și r se referă la stator, respectiv la rotor, iar pentru limitele inferioare din condițiile de stabilitate statică: $Q_{min} = -P_n \cdot \text{tg}\varphi_{min}$. Valorile efective pentru SE dat sînt indicate în tabelul 1.

Tabelul 1

Limitele de încărcare reactivă a centralelor din SE

Puterea reactivă / Centrala	Maximă [MVAr]	Minimă [MVAr]
A	371	−60
B	124	−20

3) Limitele de tensiune în nodurile de control ale SE impuse de dispecerul ierarhic superior. Aceste limite au fost considerate ca fiind limitele zonelor favorabile de variație de tensiune:

110 ÷ 121 kV pentru nivelul de 110 kV;

220 ÷ 242 kV pentru nivelul de 220 kV

380 ÷ 417 kV pentru nivelul de 400 kV.

4) Limitele de variație a tensiunii la bornele generatoarelor sincrone, impuse de solicitarea maximă admisă a izolației pentru limita superioară și de asigurarea capacității nominale pentru limita inferioară. Pe baza datelor din literatură [1, 2, 7], s-au admis ca limite $1 \pm \pm 5\%\ U_n$.

În cadrul celei de-a doua categorii de condiționări privind reglajul tensiunii și puterii reactive în SE dat, au fost considerate:

1) minimizarea pierderilor de putere și energie electrică pe elementele SE, prin stabilirea unor niveluri economice de tensiune în nodurile de interconexiune ale sistemului;

2) reducerea frecvenței schimbării sub sarcină a ploturilor prizelor transformatoarelor de putere.

4. Determinarea diagramelor limită U—Q

Avînd în vedere posibilitățile de reglaj ale tensiunii și puterii reactive într-o centrală electrică prin modificarea excitației generatoarelor și a rapoartelor de transfomare a transformatoarelor ridicătoare, prezintă interes domeniul de funcționare a centralei în planul tensiunii la borne (U) și a puterii reactive (Q) debitate, pentru diverse valori ale raportului de transformare (K). Utilizarea coordonatelor U și Q este impusă și de facilitatea urmăririi acestor mărimi în procesul de reglaj.

Determinarea limitelor de funcționare în planul $U—Q$ s-a realizat prin testarea respectării tuturor restricțiilor impuse în punctele de funcționare din acest plan, considerînd atît modificarea tensiunii de excitație (prin modificarea tensiunii la borne), cît și a raportului de transformare K, utilizînd un program de calcul a cărui ordinogramă de principiu este prezentată în figura 2.

În vederea determinării limitelor domeniului admisibil de funcționare s-au reținut punctele de funcționare, prin coordonatele U, Q, K, pentru care, în unul din cele două puncte de funcționare proxime, este încălcată cel puțin o restricție.

Pentru a considera comportarea diferită a consumatorilor în funcție de structura acestora, consumatorii au fost reprezentați atît prin putere constantă ($\underline{S}$ = const.), cît și prin impedanță constantă ($\underline{Z}$ = const.), obținîndu-se pentru fiecare regim de încărcare activă, cîte două diagrame limită. În consecință, diagrama limită rezultantă, obținută prin intersecția diagramelor limită corespunzătoare celor două moduri de reprezentare a consumatorilor, va conține o zonă de incertitudine (fig. 4, zona hașurată).

Pentru SE considerat (fig. 1) este prezentată în figura 3, diagrama limită $U = Q$ pentru regimul de încărcare activă $P = 0{,}6$ Pb și reprezentarea consumatorilor prin putere constantă. Diagrama obținută la reprezentarea consumatorilor prin impedanță constantă este calitativ similară, existînd doar mici diferențe

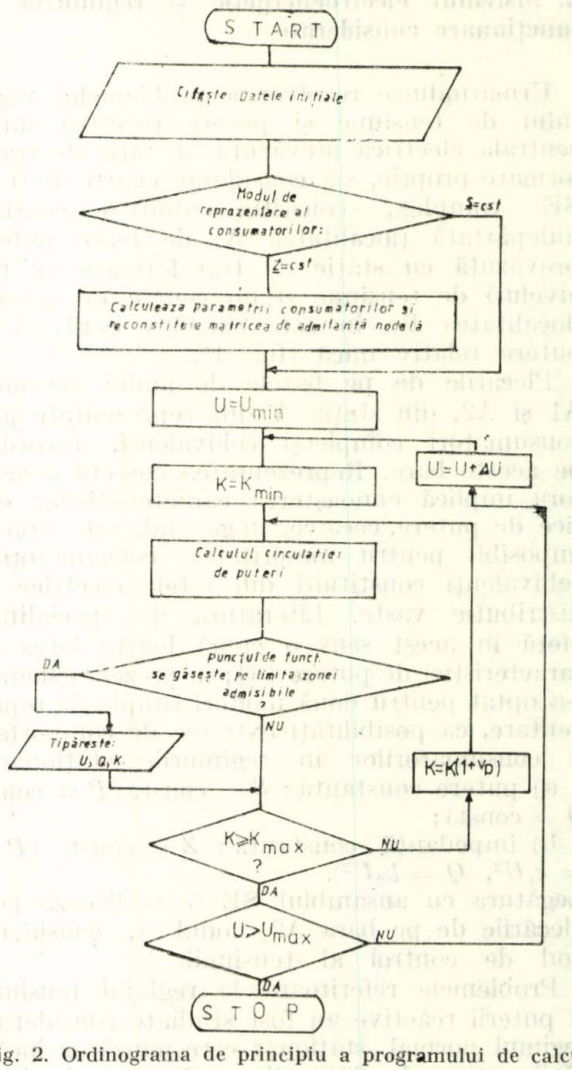


Fig. 2. Ordinograma de principiu a programului de calcul.

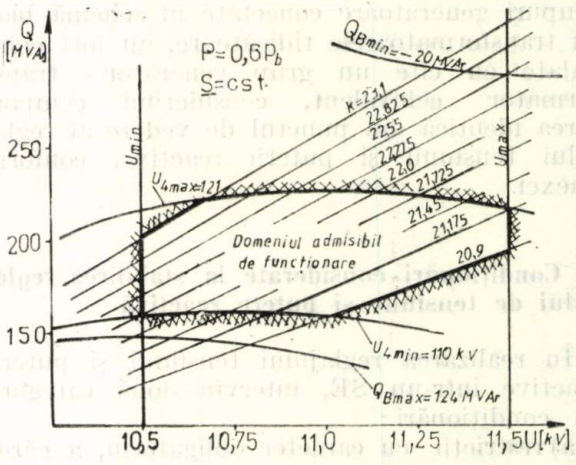


Fig. 3. Domeniul de reglaj, cazul reprezentării consumatorilor prin $\underline{S}$ = const.

cantitative, evidențiate în diagrama limită rezultantă (fig. 4) obținută prin intersecția celor două diagrame.

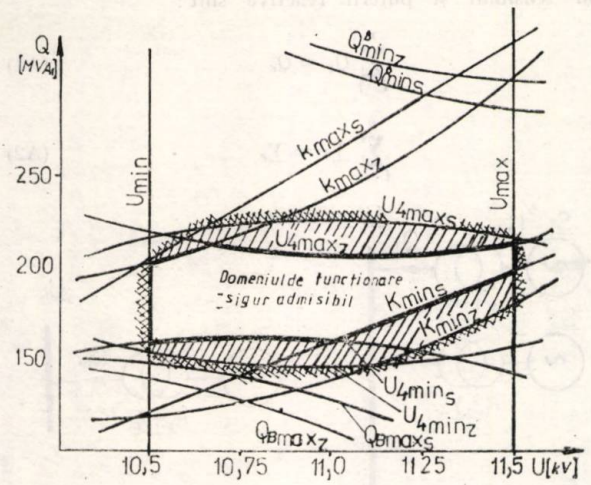


Fig. 4. Domeniul de reglaj rezultant.

5. Precizări privind obținerea și utilizarea diagramelor limită U—Q

Diagramele limită prezentate mai sus, definesc, pentru diverse regimuri de încărcare activă a centralei electrice, domeniul punctelor de funcționare în planul $U-Q$ pentru care sînt respectate restricțiile impuse (referitoare la încărcările reactive și nivelele de tensiune în nodurile SE).

Pentru configurația dată a SE, utilizînd programul de calcul (fig. 2) s-au determinat diagramele limită rezultante (considerînd consumatorii atît prin impedanță constantă, cît și prin putere constantă) pentru diverse încărcări active, $p.P_n$, ale centralei, obținîndu-se astfel domeniile DP ale punctelor de funcționare admisibile, corespunzătoare fiecărui grad de încărcare, p, al centralei. S-a definit gradul de încărcare al centralei ca fiind raportul dintre puterea debitată și suma puterilor nominale ale grupurilor din centrală. În vederea obținerii unor diagrame limită $U-Q$, utile într-un domeniu de variație a încărcării active: $p\in(\partial,\ \beta)$, se efectuează intersecția domeniilor de funcționare admisibile DP_∂ și DP_β, rezultînd astfel domeniul de funcționare: $DP_{\partial\beta} = DP_\partial \cap DP_\beta$ admisibil pentru orice încărcare activă: $p\in(\partial,\ \beta)$.

Pentru o centrală electrică dată se pot determina astfel diagramele limită $U-Q$ pentru diferite plaje de variație a încărcării active (fig. 5). Diagramele permit astfel pentru domeniul de variație preconizat al încărcării active, stabilirea punctului de funcționare caracterizat prin tensiunea U_{be} la bornele generatorului echivalent al centralei și raportul de transformare K_e al transformatorului echivalent ale stației ridicătoare. Între mărimile caracteristice punctelor de funcționare U_{be} și K_e din diagramele limită și mărimile corespunzătoare ale centralei: tensiunile, U_{bi}, la bornele generatoarelor și rapoartele de transformare, K_i, ale transformatoarelor ridicătoare, s-a stabilit relația A5, dedusă și prezentată în anexă.

În consecință, pentru efectuarea reglajului tensiunii și puterii reactive cu ajutorul diagramelor limită $U-Q$ într-o centrală electrică considerată într-un SE dat, se impune parcurgerea următoarelor etape:

a) construirea diagramelor limită rezultante $U-Q$ (fig. 4) pentru diferite încărcări active ale centralei;

b) determinarea domeniilor de funcționare sigur admisibile $DP_{\partial\beta}$ pentru cele mai probabile plaje $(\partial,\ \beta)$ de variație a încărcării active a centralei (fig. 5);

c) pentru un regim de încărcare activă dat într-o plajă de încărcare activă a centralei se determină, din diagrama limită corespunzătoare, mărimile caracteristice punctelor de funcționare U_{be} și K_e;

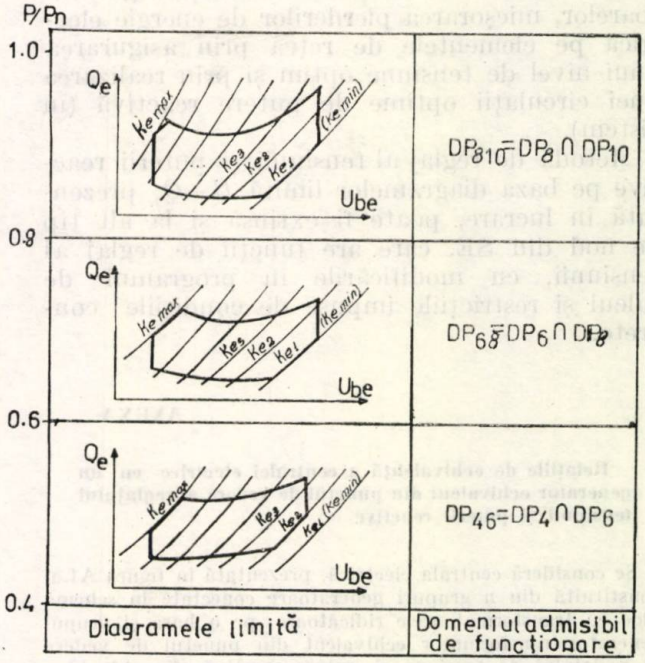


Fig. 5. Diagramele limită pentru diferite domenii de încărcare activă a centralei electrice.

d) se modifică anumite tensiuni, U_{bi}, de la bornele generatoarelor sau rapoarte de transformare, K_i, ale transformatoarelor ridicătoare, astfel încît să se realizeze condiția

A5. Deoarece condiția A5, are 2n grade de libertate corespunzătoare excitației și prizelor celor n grupuri generator-transformator ridicător din centrală, îndeplinirea sa nu necesită modificări la toate grupurile.

6. Concluzii

Prezenta lucrare demonstrează posibilitatea construirii diagramelor de funcționare limită $U-Q$ pentru o centrală electrică considerată într-un SE dat, în care se precizează restricțiile privind nivelul tensiunilor în noduri și încărcările reactive ale surselor de putere reactivă din sistem, pentru diferite domenii de variație a încărcării active a centralei.

Aceste diagrame permit, pentru regimul de încărcare activă dat, stabilirea punctului de funcționare caracterizat prin tensiunea la bornele generatorului și raportul de transformare al grupului generator-transformator echivalent centralei din punctul de vedere al reglajului de tensiune și putere reactivă. Valorile reale ale tensiunilor la bornele generatoarelor și rapoartele de transformare se stabilesc astfel încît să fie respectată condiția A5.

Utilizarea diagramelor limită $U-Q$ permite, prin alegerea judicioasă a punctelor de funcționare din diagramă, reducerea frecvenței schimbării ploturilor prizelor transformatoarelor ridicătoare și a consemnului excitației generatoarelor, micșorarea pierderilor de energie electrică pe elementele de rețea prin asigurarea unui nivel de tensiune optim și prin realizarea unei circulații optime de putere reactivă (în sistem).

Metoda de reglaj al tensiunii și puterii reactive pe baza diagramelor limită $U-Q$, prezentată în lucrare, poate fi extinsă și la alt tip de nod din SE, care are funcții de reglaj al tensiunii, cu modificările în programul de calcul și restricțiile impuse de condițiile concrete.

ANEXA

Relațiile de echivalență a centralei electrice cu un generator echivalent din punctul de vedere al reglajului tensiunii și puterii reactive

Se consideră centrala electrică, prezentată în figura A1.a, constituită din n grupuri generatoare conectate în schemă bloc cu transformatoarele ridicătoare pe o bară și grupul generator-transformator echivalent din punctul de vedere al reglajului de tensiune și putere reactivă (fig. A1. b)

Semnificațiile mărimilor electrice utilizate:

Q_i — puterea reactivă debitată de grupul i;

$\underline{U}_{bi}$ — tensiunea la bornele grupului i;

K_i, $\underline{Y}_i$ — raportul de transformare și respectiv admitanța longitudinală a transformatorului ridicător i;

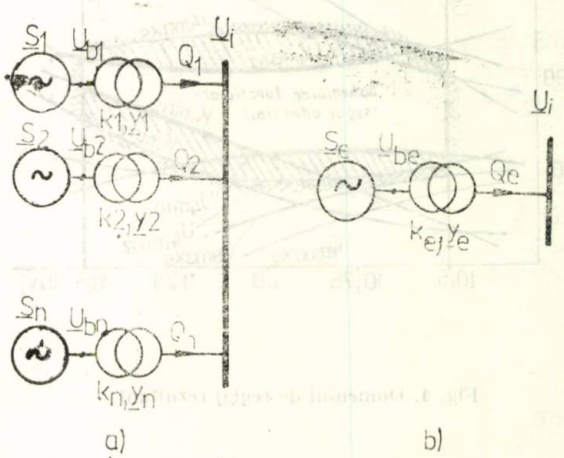
$\underline{U}_i$ — tensiunea barei colectoare (aceeași în ambele scheme);

Q_e, $\underline{U}_{be}$, K_e, $\underline{Y}_e$ — aceleași semnificații, însă pentru grupul echivalent.

Condițiile de echivalență din punctul de vedere al reglajului tensiunii și puterii reactive sînt:

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i = Q_e \tag{A1}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \underline{Y}_i = \underline{Y}_e \tag{A2}$$



a) b)

Fig. A1. Schemele electrice monofilare: a) a centralei electrice; b) a generatorului echivalent.

Condiția A1 poate fi scrisă sub forma:

$$Imag\left[\underline{U}_i\left(\sum_{i=1}^{n}\underline{U}_{bi}^{*}\cdot K_i\cdot\underline{Y}_i^{*}-\underline{U}_i^{*}\cdot\underline{Y}_i^{*}\right)\right]= \tag{A3}$$

$$= Imag\left[\underline{U}_i\left(\underline{Y}_{be}^{*}\cdot K_e-\underline{U}_i^{*}\right)\cdot\underline{U}_e^{*}\right].$$

Pentru încărcări active aproximativ egale cu puterile nominale ale grupurilor din centrală, diferențele de fază dintre tensiunile la borne pot fi neglijate. Deci: $\underline{U}_{bi}=U_{bi}$

Considerînd și condiția A2, rezultă:

$$\sum_{i=1}^{n} U_{bi}\cdot K_i\cdot\underline{Y}_i^{*}=U_{be}\cdot K_e\cdot\underline{Y}_e^{*} \tag{A4}$$

Neglijînd rezistența transformatorului ridicător în raport cu reactanța sa, deci $\underline{Y}_i=-jB_i$, rezultă condiția de echivalență:

$$U_{be}\cdot K_e\cdot B_e=\sum_{i=1}^{n} U_{bi}\cdot K_i\cdot B_i \tag{A5}$$

sub forma unei relații de legătură între mărimile de reglaj ale centralei și cele ale grupului echivalent.

Bibliografie

[1] * * * *Calculul și proiectarea sistemelor electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1971.

[2] Ionescu, T., Baciu, A. *Rețele electrice de distribuție*, Editura tehnică, București, 1981.

[3] Pelissier, R. *Les reseaux d'energie electrique.* Vol. 2. Dunod, Paris, 1971.

[4] Oprea, I. *Unele aspecte ale reglării tensiunii într-un sistem energetic.* Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, O.D.E. nr. 2/70.

[5] Grigoriu, I. *Puterea reactivă în sistemul energetic român.* Energetica, nr. 12/1966.

[6] Potolea, E. *Calculul regimului de funcționare al sistemelor electrice.* Editura tehnică, București, 1977.

[7] Iordănescu, I. ș.a. *Rețele electrice*, E.D.P. București, 1981.

(Primit la 1 septembrie 1982, acceptat la 21 noiembrie 1983)

Posibilități de creștere a aportului sectorului forestier la îmbunătățirea balanței energetice

. Considerații generale

Pînă prin anii 1960 — 1965 toate fabricile le cherestea din județul Suceava și din țară roduceau, cu propriile instalații și resurse ombustibile, energia electrică, respectiv ter- nică, necesare. Racordarea la sistemul ener- etic național (SEN) a tuturor zonelor țării i dezvoltarea sistemelor locale au impus tragerea tuturor consumatorilor locali de ener- ie electrică, printre care și unitățile secto- ului forestier, care în acea perioadă deți- eau o pondere însemnată.

Costul scăzut al energiei electrice achizi- ionate din SEN, ca și înlăturarea inconveni- ntelor legate de autoproducerea energiei nece- are, au condus la diminuarea, într-un timp elativ scurt, a capacităților de producție roprii.

Așa se explică că la unele fabrici de cheres- ea, dar mai ales la secțiile cu producție redusă e rumeguș și alte deșeuri lemnoase, s-a ajuns înă la desființarea vechilor centrale electrice termice proprii, înlocuindu-se cu cazane e hidrocarburi, iar spațiile rezultate ca urmare dezafectării s-au transformat în spații de roducție auxiliară.

Dispunînd de cantități însemnate de rume- uș și alte deșeuri lemnoase, în județul Sucea- a procesul de dezafectare a instalațiilor pro- rii de producere a energiei în fabricile de herestea s-a desfășurat într-un ritm mai nt, astfel că și astăzi se mai păstrează în ncțiune un număr de 11 centrale termice electrice pe lîngă secțiile și respectiv atelie- ele de industrializare a lemnului (SIL, AIL), are reprezintă vechile fabrici de cherestea odernizate din cadrul Întreprinderii Fores- ere de Exploatare și Transport (IEFT). ceste centrale au fiecare o producție de ,0 — 4,5 t abur/h și 7 — 15 ata, respectiv 75 — 700 kVA putere electrică instalată, tota- zînd 3625 CP, respectiv 3675 kVA, cu o roducție anuală de energie electrică de 010 MWh. Din totalul fabricilor de cherestea e care le are IFET Suceava numai două din estea își alimentează cu energie electrică in SEN hala gatere. Toate celelalte fabrici u alimentarea de bază a halei gaterelor din ntralele electrice proprii care funcționează olat. Din SEN se alimentează numai ate- erele auxiliare, care reprezintă aproximativ) — 50% din consumul unităților respective.

Acționarea gaterelor (mașini de bază pentru bitarea bușteni în cherestea) se face elec- tric, cu motoare individuale sau mecanic, prin transmisie cu curele de pe axul mașinii primare (mașini cu abur cu piston stabile sau semistabile) pe axele gaterelor respective, randamentele acestei ultime modalități de acționare fiind destul de bune.

2. Asupra cîtorva aspecte referitoare la valorificarea energetică superioară a rumegușului și a altor deșeuri lemnoase din fabricile de cherestea

Avînd în vedere sarcinile majore actuale privind economisirea combustibililor și energiei [1] și de valorificare superioară a resurselor energetice secundare, încă din 1981 IRE Suceava în colaborare cu IFET Suceava au elaborat un studiu de bilanț energetic pentru unitățile aparținînd IFET, cu accent pe utilizarea optimă a rumegușului drept combustibil [2].

Studiul atestă faptul că anual în microcentralele termoelectrice aparținînd IFET se consumă drept combustibil o cantitate de $78 \cdot 10^3$ t rumeguș, deșeuri de lemn, praf și talaj, ceea ce înseamnă circa 60% din cantitatea totală de lemn deșeu rezultată în procesul de producție și care echivalează cu $26 \cdot 10^3$ t c.c./an.

Prin arderea acestei cantități de combustibil-deșeu în cazanele existente se produce:

— abur tehnologic la 7—16 ata cu un randament mediu de 48%, față de randamentul minim de 80% prevăzut în Legea 140/1973;

— energie electrică cu un randament global de numai 11,5% față de circa 55% cît este randamentul în centralele actuale pe combustibil solid.

Este de arătat că aburul tehnologic folosit de SIL și AIL din cadrul IFET (pentru aburit și uscat cherestea sau pentru încălzire) este abur viu, fiind din acest motiv utilizat cu un randament foarte scăzut. De fapt, procesele tehnologice forestiere (de preindustrializare a lemnului) care consumă abur, n-au nevoie decît de un abur de 3 — 4 ata la 135°C și chiar cu parametrii și mai coborîți.

Este neîndoielnic pozitiv faptul că unitățile IFET Suceava își autosatisfac necesitățile de energie termică și parțial de energie electrică (circa 25% din necesar) folosind resursele energetice secundare interne, dar, așa cum s-a arătat, eficiența economică, oglindită de randamentele scăzute, nu se situează la nivelul necesar. Așadar, se pune problema

căutării și găsirii soluțiilor pentru o mai bună valorificare a rumegușului și altor deșeuri lemnoase folosite drept combustibil [3].

Problema este cunoscută pe plan național și se află în curs de rezolvare. Astfel MILMC a stabilit cu MICM un program pentru realizarea, pînă la sfîrșitul anului 1985, la ICMA Cluj-Napoca a unui lot de 150 cazane modernizate de 2,5 și 4,5 t abur/h și randamente de 78 — 80%. În fază de prototip se află și un cazan de 6,5 t abur/h pe rumeguș. Un alt program al acelorași ministere prevede proiectarea și realizarea unor turbogeneratoare AKP—200 kW, 0,4 kV cu priză și condensator, adaptate pentru cazanul de 4,5 t abur/h—16 ata.

Întregul debit de abur al cazanului este preluat la ieșirea din turbină la presiunea de 9 — 4 ata și temperatura de 120 — 135°C, fiind apoi folosit în procese tehnologice specifice fabricilor de cherestea [4].

Programul privind construcția de cazane pe rumeguș se desfășoară în condiții normale, fiind deja livrate și în curs de montare circa 45 cazane în sectorul forestier și la alți beneficiari. În județul Suceava asemenea cazane sînt în curs de montare la trei unități.

Se precizează că și aceste cazane vor fi folosite incomplet dacă aburul de 16 ata nu va fi trecut mai întîi printr-o turbină cu contrapresiune. Aceasta impune necesitatea grăbirii realizării programului privind producerea grupurilor turbogeneratoare după experimentarea și realizarea probelor de anduranță a prototipului ce urmează a se monta la SIL Ciurea din cadrul IFET Iași și care a fost realizat pe microproducție la ICSITEE București, care este și proiectantul general [5].

În condițiile în care decalajul existent între programul de realizare a cazanelor pe rumeguș și programul de construcție a turbogeneratoarelor se va menține sau chiar se va mări se poate obține o creștere a cantității de energie electrică cu 50 — 60% față de situația prezentă, menținînd în funcțiune actualele mașini de forță (stabile și semistabile cu piston), deși acestea funcționează cu randamente reduse și în marea lor majoritate au un grad avansat de uzură. Desigur aceasta este o soluție cu caracter temporar și de compromis pînă la realizarea grupurilor turbogeneratoare corespunzătoare.

Pentru cazul unităților IFET Suceava sînt necesare 35 turbogrupuri cu care s-ar putea valorifica superior, din punct de vedere energetic, întreaga cantitate de rumeguș și alte deșeuri lemnoase care se folosesc drept combustibil la ora actuală. S-ar putea astfel produce circa $75 \cdot 10^3$ MWh/an și circa $45 \cdot 10^3$ Gcal/an, ceea ce ar transforma IFET Suceava din consumator în furnizor de energie [3].

La nivelul întregii țări aceste cantități de energie ar fi de circa 10 ori mai mari.

3. Cîteva elemente în legătură cu eficiența economică a investițiilor privind modernizarea microcentralelor termoelectrice ale unităților forestiere

Din analiza documentației tehnico-economice pentru montarea unui cazan de abur pe rumeguș de 4,5 t abur/h, la unitatea Gălănești Rădăuți, precum și din evaluările instalațiilor electrice pentru SIL Ciurea — Iași furnizate de proiectant și forul tutelar, a rezultat că pentru modernizarea unei CTE pe rumeguș ($P_i = 200$ kW) investiția specifică este de 0,96 lei/kWh.an, iar prețul de cost 0,171 lei/kWh.an*. Acești indicatori sînt foarte competitivi dacă-i comparăm cu cei de la investițiile de microhidrocentrale (MHC) de exemplu. Astfel la MHC puse în funcțiune în județul Suceava investiția specifică medie este de 8,8 lei/kWh.an, iar prețul de cost 0,187 lei/kWh.an. Desigur, că nu se pune problema să diminuăm importanța realizării programului de construcții MHC (care valorifică o sursă energetică gratuită și inepuizabilă), dar atît timp cît rumegușul se arde în fabricile de cherestea, este indicat să se ardă cu eficiență energetică sporită.

Este de arătat că, și în cazul în care rumegușul și alte deșeuri lemnoase s-ar valorifica integral prin chimizare, reziduurile rezultate dispun încă de o putere calorifică de 1200 — 1500 kcal/kg și de aici oportunitatea valorificării energetice superioare a acestor reziduuri.

Concluzii

1. Problematica expusă implică necesitatea acordării unei mai mari importanțe autoproducătorilor de energie din cadrul sectorului forestier, urmărindu-se valorificarea tuturor rezervelor de putere în instalațiile existente.

2. Se impune necesitatea elaborării unui studiu asupra tuturor autoproducătorilor din sectorul forestier al țării printr-o colaborare M.E.E. — MILMC, care să aibă drept obiectiv principal stabilirea necesității și oportunității unui program național de modernizare și realizare de noi centrale termice și electrice în sectorul forestier prin valorificarea energetică superioară a rumegușului și deșeurilor lemnoase.

Concluziile acestui studiu trebuie să răspundă la întrebarea dacă este sau nu oportună

---

* Preț de cost global (energie electrică + energie termică produsă).

finanțarea unui program național de valorificare energetică superioară a rumegușului și deșeurilor lemnoase și aceasta și pentru cazul în care valorificarea s-ar face mai întîi prin chimizare și numai după aceea prin utilizarea reziduurilor combustibile.

Bibliografie

[1] * * * — *Programul directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000.* Scînteia nr. 11483/24.07.1979.

[2] * * * — *Studiu de bilanț energetic la IFET Suceava.* IRE Suceava, 1981.

[3] Sfichi, R., Reziuc, O., Blumenfeld, S., Moruz, D. *Asupra posibilităților de reducere a consumurilor energetice și de valorificare superioară a resurselor energetice secundare din sectoarele de exploatare și industrializarea lemnului cu referire la IFET Suceava.* În: Energetica, 31, nr. 2/1983, p. 75—80.

[4] * * * — *Cartea tehnică a cazanului de 4, 5 t abur/h, 16 ata, 320°C.* ICMA Cluj-Napoca — 1980.

[5] * * * — *Instrucțiuni de exploatare a turbinei AKP-0,2/3000, 200 kW.* ICSITEER București — 1980.

Ing. Ovidiu Mustață, ing. Romulus Sfichi, ing. Ovidiu Lungu, ing. Oliviu Reziuc, ing. Samuel Blumenfeld — IRE Suceava, Ing. Dan Moruz — IFET Suceava

Invenții-inovații*)

(54) Titlul: Indicator luminos pentru verificarea succesiunii fazelor
(72) Inventatori: ing. M.L. Goia, C. Pantazi
(21) Dosar nr.: 100555
(22) Data înregistrării: 21.03.1980
(45) Data publicării: 30.10.1982
(51) Clasificarea internațională: G 01 R 29/18
(11) Brevet România: 80125
(73) Titular: Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice — București

Invenția se referă la un indicator luminos pentru verificarea succesiunii fazelor în instalațiile trifazate de joasă tensiune.

Pentru verificarea succesiunii fazelor este cunoscută folosirea de montaje în stea, triunghi sau combinații ale acestora cu circuite conținînd rezistențe, capacități și lămpi cu neon dispuse pe faze sau între faze. Aceste indicatoare prezintă dezavantajul că nu pot fi utilizate decît cînd sînt accesibile toate cele trei faze simultan.

Indicatorul, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate mai sus, prin aceea că este alcătuit dintr-o rezistență legată la o bornă și la un punct comun, la care se mai conectează o rezistență înseriată cu un condensator legat la o altă bornă și la o lampă cu neon înseriată printr-o rezistență la pămînt, pentru verificarea succesiunii fazelor conectîndu-se fazele, cîte două, la borne și atingîndu-se borna pămînt cu mîna; lampa cu neon se aprinde numai în cazul succesiunii directe a fazelor.

Un exemplu de realizare a invenției este prezentat în figurile 1—3.

Conform figurii 1, circuitul electric al indicatorului este alcătuit dintr-o rezistență R_1, legată la o bornă 1 și, printr-un punct P comun, la o rezistență R_2, înseriată cu un condensator C legat la o altă bornă 2 și la o lampă cu neon L_1, înseriată printr-o rezistență R_3 la pămînt P. Valoarea rezistenței R_2 este aproximativ jumătate din cea a rezistenței R_1.

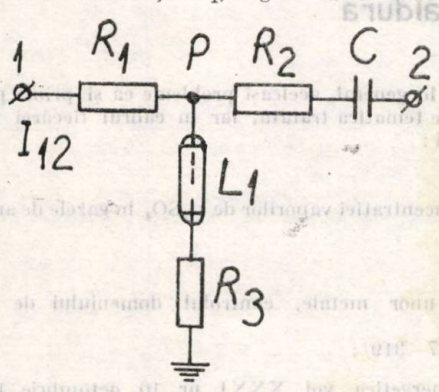


Fig. 1. Schema electrică a indicatorului.

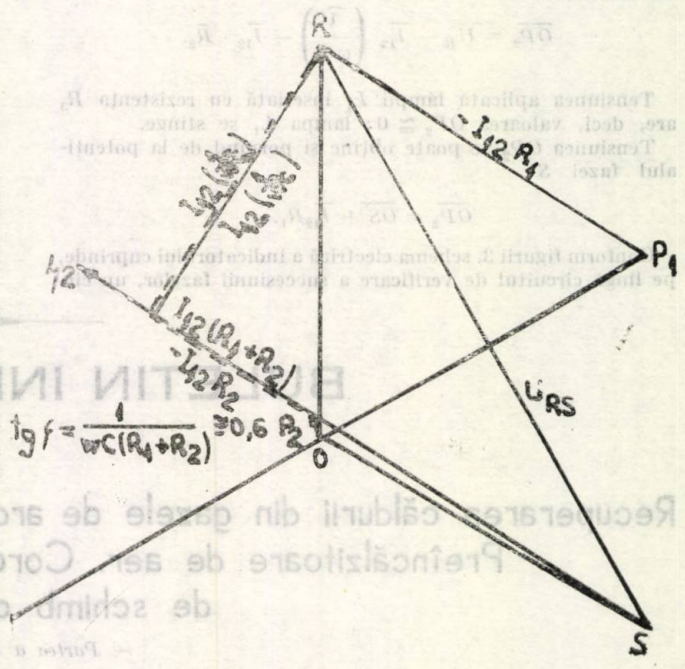


Fig. 2. Diagrama vectorială a mărimilor electrice în cazul verificării succesiunii fazelor.

Pentru verificarea succesiunii fazelor, se conectează fazele R, S; S, T, respectiv T, R la bornele 1 și 2 și se atinge borna pămînt cu mîna. Dacă succesiunea este corectă, tensiunea pe lampa L este de ordinul tensiunii între faze și lampa L_1 se aprinde. În cazul succesiunii inverse, tensiunea pe lampa L_1 este mică și ea se stinge.

Diagrama prezentată în figura 2 explică modul de funcționare a indicatorului.

Cazul 1

Se presupune că fazele care se verifică se succed corect, adică faza R se aplică bornei 1 și faza S bornei 2. În acest

caz, în circuitul serie R_1, R_2, C curentul I_{12} este decalat cu un unghi φ înaintea tensiunii la borne U_{RS}, astfel ca $\operatorname{tg}\varphi = \frac{1}{\omega C (R_1 + R_2)}$. Valorile C și R_1, R_2 se aleg astfel ca unghiul $\varphi = 30°$.

Potențialul punctului P (considerat P_1 în acest caz) se găsește în modul următor: din potențialul U_R al fazei R se scade căderea de tensiune produsă de trecerea curentului I_{12} prin rezistența R_1.

$$\overline{OP_1} = \overline{OR} - \overline{I_{12}R_1},$$

$$\overline{OP_1} = \overline{U_R} - \overline{I_{12}R_1} = \overline{OR} - \overline{RP_1}.$$

Tensiunea aplicată lămpii L_1, înseriată cu rezistența R_3, are valoarea OP_1 aproximativ egală cu tensiunea pe fază și, deci, lampa L_1 arde.

Cazul 2

Se presupune că fazele care se verifică se succed invers, adică faza R se aplică bornei 2, iar faza S bornei 1.

Curentul I_{12} va fi și în acest caz decalat înaintea tensiunii RS, ca și în situația anterioară.

Potențialul punctului P (considerat P_2 în acest caz) se va găsi scăzînd din potențialul U_R al fazei R, căderea de tensiune produsă de I_{12} în reactanța $\frac{1}{\omega C}$ decalată cu $\frac{\pi}{2}$ față de $I_{12}\left(-I_{12}\cdot\frac{1}{\omega C}\right)$ + căderea de tensiune $-I_{12}R_2$ în fază cu curentul:

$$\overline{OP_2} = \overline{U_R} - \overline{I_{12}}\left(\frac{\overline{1}}{\omega C}\right) - \overline{I_{12}}\cdot\overline{R_2}.$$

Tensiunea aplicată lămpii L_1 înseriată cu rezistența R_3 are, deci, valoarea $OP_2 \cong 0$; lampa L_1 se stinge.

Tensiunea OP_2 se poate obține și pornind de la potențialul fazei S:

$$\overline{OP_2} = \overline{OS} + \overline{I_{12}R_1}.$$

Conform figurii 3, schema electrică a indicatorului cuprinde, pe lîngă circuitul de verificare a succesiunii fazelor, un circuit de semnalizare în schema bipolară sonor și luminos diferențial a tensiunilor în curent alternativ și în curent continuu, dispus între două borne 3 și 4, și patru rezistențe înseriate R_4, R_5, R_6 și R_7. Rezistențele R_5, R_6 și R_7 au valori corespunzătoare, astfel încît să asigure aprinderea unor lămpi cu neon L_2, L_3 și L_4 dispuse în paralel cu aceste rezistențe, corespunzător tensiunii verificate U_1 U_2 și U_3; pentru valoarea U_1 a tensiunii se aprinde lampa L_2, pentru valoarea U_2 — lămpile L_2 și L_3, iar pentru valoarea U_3 — lămpile L_2, L_3, și L_4. Rezistența R_4 are rolul de a limita salturile de tensiune, aducîndu-le la valori compatibile cu funcționarea lămpilor.

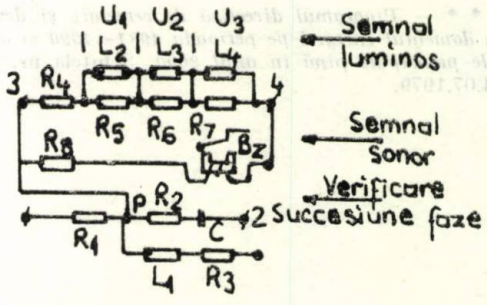


Fig. 3. Schema electrică a unui indicator al succesiunii fazelor, combinat cu un indicator al tensiunii și al fazei în curent alternativ sau al bornei +(—) în curent continuu.

În paralel cu acest circuit se montează un buzer B_z înseriat cu o rezistență R_8, care asigură al doilea circuit de verificare, precum și un consum suficient în circuit pentru a se evita semnalizări false prin contacte imperfecte, siguranțe defecte, circuite false.

Lampa cu neon L_1, înseriată cu rezistența R_3, permite verificarea monopolară a fazei (bornei +) în instalații prin conectarea la borna 3 legată la borna P și atingerea cu mîna a bornei de pămînt.

Indicatorul luminos pentru verificarea succesiunii fazelor conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

— simplitate constructivă;
— fiabilitate ridicată;
— cost redus.

BULETIN INFORMATIV

Cercetare bibliografică

Recuperarea căldurii din gazele de ardere evacuate de cazanele de abur. Preîncălzitoare de aer. Coroziunea suprafețelor finale de schimb de căldură

— Partea a II-a —*

Materialele documentare prezentate în lista de față abordează, în general, aceleași probleme ca și prima parte a acestei cercetări bibliografice. Titlurile au fost sistematizate în funcție de tematica tratată, iar în cadrul fiecărei teme sînt prezentate în ordinea cronologică a apariției, după cum urmează:

1) coroziunea acidă a gazelor de ardere:
— mecanismul de formare a SO_3/255—261/;
— determinarea conținutului de SO_3, a raportului SO_2/SO_3, a concentrației vaporilor de H_2SO_4 în gazele de ardere /262—270/;
— determinarea punctului de rouă acid/271—284/;
— coroziunea acidă de joasă temperatură/285—294/;
— evitarea coroziunii, mărirea rezistenței la coroziune a unor metale, controlul domeniului de rouă acidă/295—306/;
— folosirea aditivilor pentru reducerea coroziunii acide/307—319/;

*) Prima parte a acestei cercetări bibliografice a apărut în Energetica, vol. XXXI, nr. 10, octombrie 1983, p. 461—468.

2) probleme generale ridicate de arderea combustibilului cu conținut ridicat de sulf și aspecte legate de funcționarea preîncălzitoarelor de aer supuse coroziunii acide/320—335/;
3) transmisia căldurii și rezistența aerodinamică a preîncălzitoarelor de aer/336—340/;
4) cercetări experimentale ale coroziunii acide a suprafețelor de schimb de căldură ale preîncălzitoarelor de aer/341—347/;
5) proiectarea, optimizarea funcționării și economicitatea preîncălzitoarelor de aer/348—370/;
6) arderea cu exces mic de aer/371—374/;
7) concepția constructivă, montajul și exploatarea preîncălzitoarelor de aer/375—386/;
8) murdărirea suprafețelor de schimb de căldură și curățirea lor/434—440/ cu:
— spălare cu apă/387—388/;
— suflare cu abur/389/;
— uscare termică/390/;
— bile/391/;
9) modernizarea preîncălzitoarelor de aer /392, 393/;
10) recuperarea căldurii reziduale a gazelor de ardere:
— modalități de folosire a căldurii /394—410/;
— economizoare de joasă presiune /411/;
— vaporizatoare cu gaze de ardere /412/;
11) preîncălzitoare de aer speciale:
— cu umplutură ceramică /413—416/;
— cu țevi de sticlă /417—423/;
— cu suprafața de schimb de căldură emailată /424/;
— cu flux de bile /425/;
— tip special /426/;
12) preîncălzirea preliminară a aerului (427—430); calorifere (431—433).

[255] Barret, R. E. ș. a. — *Formation of SO_3 in a non-catalytic combustor.* In: J. Engineering for Power, 88, 1966, p. 165.

[256] Hedley, A. B. — *Faktoren, die die Bildung von Schwefeltrioxid in Rauchgasen bewirken.* In: J. Inst. Fuel, 40, nr. 3, 1967, p. 142—151.

[257] Gudziuk, V. L. — *Asupra formării anhidridei de sulf în camera de ardere.* In: Teploenerghetika, nr. 6, 1972, p. 27—30.

[258] Tagher, S. A. ș. a. — *Obrazovanie okislov azota NO_3 i sernogo anghidrida SO_3 v kotloagregate TGMP-314.* In: Teploenerghetika, nr. 9, 1974.

[259] Tagher, S. A. ș. a. — *Obrazovanie NO_3 i SO_3 v paropheneratore TGMP-114.* In: Teploenerghetika, nr. 8, 1975.

[260] Müler, H. — *Ein Beitrag zur Untersuchung der SO_3— Bildung und Ermittlung des Schwefelsäure taupunktes in Kesselanlagen.* In: Energietechnik nr. 11, 1983, p. 415—420.

[261] Lampert, D. — *Tieftemperaturkorrosion bei rauchgasbeheizten Speisewasservorwärmern.* In: B.W.K., nr. 5, 1979, p. 218—221.

[262] Fielder, R. S., ș. a. — *Determination of sulphur trioxide und sulphur dioxide in fuel gases.* In: J. Inst. Fuel, 33, 1960, p. 84.

[263] Diehl, H. și Luksch, F. — *Quantitative SO_2/SO_3-Bestimmungen in den Rauchgasen ölgefeuerter Kesselanlagen.* In: V.G.B., 92, 1964, p. 366—373.

[264] Lisle, E. S. și Sensenbaugh, J. D. — *The Determination of Sulphur Trioxide and Acid Dew Point in Flue Gas.* In: Combustion, ian., 1965.

[265] Wahnschaffe, E. — *Kontinuierliche SO_3- und Taubereichsmessungen an ölgefeuerten Dampferzeugern.* In: V.G.B. 48, 1968, p. 193—199.

[266] Jackson, P. J. ș. a. — *Automatic continuous measurement of sulphur trioxide in flue gases.* In: J. Inst. Fuel, 10, 1970, p. 10—17.

[267] Schott, M. și Schmidt, K. R. — *Kontinuierliche SO_3-Messungen (Sulfotherm II).* In: VDI Bericht 149, 1970, p. 217—224.

[268] Schneider, W. — *Die automatische Bestimmung des SO_3-Gehaltes und des Schwefelsäuretaupunktes von Rauchgas.* In: Energietechnik, 21, 1971, p. 505—509.

[269] Rosahl, O. — *Erfahrungen bei der Verbrennung von schweren Heizölen in Dampfkesselanlagen.* In: V.G.B., 46, 1975, p. 13—27.

[270] Levina, T. A. — *Osobennosti elektriceskogo i elektrohimiceskogo metodov issledovania kondensații parov H_2SO_4 v kotlah.* In: Teploenerghetika, nr. 11, 1983, p. 54—57.

[271] Petrosian, R. A. — *Cîteva rezultate de determinare a punctului de rouă pentru produsele de ardere ale diverșilor combustibili.* In: Teploenerghetika nr. 2, 1958, p. 64—67.

[272] Sițman, S. E. — *Tocika rosî i korrozionnaia aktivnosti dimovih gazov.* In: Teploenerghetika, nr. 5 1958.

[273] Müller, P. — *Beitrag zur Frage des Einflusses der Schwefelsäure auf die Rauchgas — Taupunkttemperatur.* In: Chemie — Ing. — Technik — 31, 1959, p. 345—351.

[274] Leifman, M. I. — *Cîteva rezultate privind determinarea punctului de rouă.* In: Teploenerghetika nr. 8, 1960, p. 29—32.

[275] Köhler, K. — *Messungen des Säuretaupunktes an Dampfkesselanlagen.* In: Techn. Uberwachung, 2, 1961, p. 170—176.

[276] Haase, R. și Borgman, H. W. — *Präzisionsmessungen zur Ermittlung von Säuretaupunktes.* In: V.G.B., 76, 1962, p. 16—19.

[277] Rögener, H. — *Taupunktmessung und ihre Bedeutung für den Korrosionsbeginn.* In: V.G.B., 93, 1964, p. 381—386.

[278] Grimm, W. — *Die Abhängigkeit des Säuretaupunktes vom SO_3 Gehalt im Rauchgas. Vergleich verschiedener Taupunktmessverfahren.* In: Heizung, Lüftung, Haustechnik, 14, 1963, p. 80—84.

[279] * * * *Rauchgastaupunkt und Niedertemperaturkorrosion (Messverfahren).* In: V.G.B. Merblatt, nr. 17, 1967.

[280] Frab, F. — *Vorgänge an Kühlfläche bei Unterschreitung des Rauchgastaupunktes.* In: B.W.K., 1968, p. 323—325.

[281] Lee, T. — *Beitrag zur Messung des Säuretaupunktes von schwefelsäurehaltigen Gasen.* In: V.G.B. nr. 1, 1972, p. 44—48.

[282] Mittelbach, G. — *Kondensation von Schwefelsäure aus Rauchgasen und der Messvorgang auf elektrischen Taupunktfühlern.* In: V.G.B. nr. 10, 1973, p. 675—682.

[283] Levina, T. A. — *Avtomaticeskoe opredelenie temperaturi obrazovaniia korrozionno-aktivnogo kondensata v gazohodah parovîh kotlov.* In: Teploenerghetika nr. 4, 1981, p. 47—51.

[284] Levina, T. A. — *Sistemî avtomaticeskogo upravleniia teploenergheticeskimi professami, vkliuciaiuscie ustroistvo dlea opredeleniia temperaturi tociki rossî dimovih gazov.* In: Teloenerghetika, nr. 4, 1983, p. 43—47.

[285] Crossley, H. E. — *External Fouling and Corosion of Boiler Plant.* In: J. Inst. Fuel, 40, 1967, p. 347.

[286] Levi, A. şi Merryman, E. L. — *Interactions in sulphur Oxide-Iron Systems.* In : J. Engng. for Pwr., Trans. ASME, seria A, apr. 1967, p. 297—303.
[287] Jackson, P. J. — *Feuerseitige Ablagerungen und Korrosionen in Dampferzeugern.* In : V.G.B., 85, 1963, p. 220.
[288] Krause, H. H. ş. a. — *Radioactive Sulphur Oxide Studies of External Corrosion Reactions on Surfaces.* In : Trans. A.S.M.E., seria A, 91, 1969, p. 216.
[289] Halstead, W. D. şi Raask, E. — *The Behaviour of Sulphur and Chlorine Compounds in Pulverized- coal — fired Boilers.* In : J. Inst. Fuel, 42, 1969, p. 344.
[290] Halstead, W. D. — *The Thermodynamics of Fuel Oil Ash Constituients in Combustion Systems.* In : J. Inst. Fuel, 43, 1970, p. 419.
[291] Cutler, A. J. B. — *Effect of Oxygen and Sulphur Trioxide on the Corrosion of Steels in Molten Sulphates.* In : J. Appl. Electrochem., nr. 1, 1971, p. 19.
[292] Neaţu, V. şi Lungu, E. — *Consideraţii generale asupra fenomenului de coroziune şi depuneri pe suprafeţele schimbătoare de căldură ale cazanelor cu parametrii ridicaţi de funcţionare.* In : Studii şi cercetări în energetică, nr. 2, 1971.
[293] Magadeev, V. S. ş. a. — *Korozionnaia agressivnosti sgoraniia sernistogo mazuta pri ciasticinih nagruzkah kotloagregata.* In : Teploenerghetika nr. 3, 1972, p. 42—44.
[294] Pomeranţev, V. V., Podoliak, V. E., Klementiev, A. A. şi Moisceva, T. A. — *Vliianie konţentraţii parov sernoi kislotî na intensivnost nizkotemperaturnoi sernokislotnoi korrozii.* In : Energomaşinostroenie, nr. 3, 1973, p. 39—41.
[295] Rendle, L. K. şi Wilson, R. D. — *Prevention of acid condensation in oil-fired boilers.* In : J. Inst. Fuel, 29, 1956, p. 372.
[296] Rendle, L. K. şi Wilsdon, R. D. — *Fire Side Corrosion in Oil-Fired Boilers.* In : Combustion, aug. 1959.
[297] Mika, H. şi Sperling, E. — *Taubereich-kontrolle — Entwicklung und Erfahrungen.* In : V.G.B., 95, 1965, p. 127—131.
[298] Jackson, P. J. — *Researches in the CEGB with Fireside Fouling and Corrosion of Boiler Plant.* In : J. Inst. Fuel, 40, 1967, p. 335.
[299] Postălnicescu, M. şi Neaga, C. — *Evitarea coroziunii cazanelor în care se ard combustibili conţinînd sulf, prin soluţii dependente numai în funcţionarea lor.* In : Buletinul I.P.B. tom XXX nr. 3 şi 4, p. 187—205.
[300] Goihman, A. A. ş. a. — *Issledovanie sernokislotnoi korrozii v regheneraţivnom — vozduhopodogrevatele.* In : Elektriceskie stanţii, nr. 7, 1970, p. 60—63.
[301] Wieland, G. şi Wolf, H. — *Tieftemperaturkorrosion, Jahrbuch der Dampferzeugungstechnik.* Vulkan-Verlag Essen, ediţia I—1970 p. 460—467 şi ediţia a II-a 1972/73, p. 367—375.
[302] Alekseenko, A. I., ş. a. — *Sposob zaseiti vozduhopodogrevatelei kotloagregatov rabotaiuşcih na sernistîh toplivah.* In : Elektriceskie stanţii nr. 2, 1974, p. 78—79.
[303] Striha, I. I. şi Barişev, V. I. — *Nizkotemperaturnaia sernokislotnaia korroziia konstrucţionnih metallov kotloagregatov.* In : Izvestiia AN RSSR nr. 4, 1974, p. 42—48.
[304] Petrosian, R. A. — *Korozionnaia stoikost nizkoleghirovannih stalei dlia gazohodov kotlov.* In : Elektriceskie stanţii, nr. 12, 1975, p. 27—28.
[305] Petrosian, R. A. şi Nadirov, I. I. — *O preduprejdenii nizkotemperaturnoi korrozii RVP po opîtu Litovskoi GRES.* In : Energetik, 1978, nr. 11, p. 78.
[306] Nadirov, I. I. şi Gudkevici, E. L. — *Korrozionnaia stoikosti razlicinih stalei dlia konstrukţionnih elementov RVP.* In : Energetik, nr. 4, 1974, p. 36, 37.
[307] Jarvis, W. D. — *Selection and use of additives in oil-fuel burners.* In : J. Inst. Fuel, 31, 1958, p. 480.
[308] Alexander, P. A. ş. a. — *Acid deposition in oil-fired boilers : comparative trials of additives and testing techniques.* In : J. Inst. Fuel, 34, 1961, p. 53.
[309] Wicker, K. — *Neue Additive für Brennstolffe zur Verhinderung von Verschmutzungen und Korrosionnen.* In : V.G.B., 84, 1963.
[310] Heuvel, N. — *Brennstoff — Additive Wirkung und Nutzen.* In : Betriebsökonom, 1964.
[311] Belyea, A. R. — *Manganese additive reduces* SO_3. In : Power, nov. 1966, p. 80.
[312] Dale-Glossop, J. D. C. — *Chemical control of sulphur trioxide in flue gasses.* In : Pwr, Wks. Engng. iulie, 1966, p. 31.
[313] Finfer, E. Z. — *Fuel oil additives for controlling air contaminant emissions.* In : J. Air Polution Control Assm., 17, 1967, p. 43.
[314] Etoc, P. — *Use of ammonia to eliminate acid smuts from oil-fired plant.* In : J. Inst. Fuel, 40, 1967, p. 249.
[315] Meier, N., Hedde, S. — *Besserer Kesselbetrieb durch Wirkstoffe in Heizöl.* In : Erdöl- und Kohle-Erdgas-Petrochimie nr. 9, 1968.
[316] Lee, G. K. ş. a. — *Control of* SO_3 *in low-pressure heating boilers by an additive.* In : J. Inst. Fuel, 42, 1969, p. 67.
[317] Neaţu, V. — *Utilizarea aditivilor în scopul reducerii coroziunii la temperatură joasă la arderea păcurilor sulfuroase.* In : Producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice, nr. 2, 1970.
[318] * * * *Select and evaluate additives for oil- and coal-fired steam generators.* In : Power, oct. 1974.
[319] Hoke, R. C., Ruth, L. A. şi Shaw, H. — *Combustion and Desulfuration of Coal in Fluidized Bed of Limestone.* In : Combustion, ianuarie, 1975, p. 6—12.
[320] Serşov, S. F. ş. a. — *Ekonomika i organizaţia energheticeskogo proizvodstva.* Gosenergoizdat, Moskva, 1959.
[321] Schneider, W. — *Untersuchungen über die Rauchgaszusammensetzung bei der Verbrennung von Salzkohlenstaub.* In : Energietechnik. nr. 2, 1965, p. 66—71.
[322] Speich, P. — *Schwefelbilanzuntersuchungen von Braunkohlenkesselanlagen.* In : Braunkohle nr. 9, 1965, p. 364—371.
[323] Exlley, L. M. şi Tamburrino, A. E. — *LILCO Trims Residual Oil Problems.* In : Power, apr. 1966.
[324] Aizen, B. G. şi Botkacik, I. A. — *K viboru unifitirovannoi serii regheneraţivnih vozduhopodogrevatelei.* In : Energomaşinostroenie, nr. 10, 1966, p. 23—27.
[325] Gavrilov A. F. şi Kuzneţov, N. U. — *O podogreve vozduha na mazutnih kotlah s vraşciaiuşcimsia regheneraţivnîmi vozduhopodogrevateliami.* In : Teploenerghetika, nr. 11, 1969, p. 32—36.
[326] Gheorghiu, Şt. — *Cazane de abur.* Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1966.
[327] Richter, L. A. — *Gazovozdušnie traktî teplovih electrostanţii.* Ed. Energhia, Moskova, 1969.
[328] Limboşiţ, A. I. şi Seiman, V. A. — *Reheneraţivnîi teploobmen v plotnom sloe.* Nauka i tehnika, Minsk, 1970.
[329] Polmann, S. şi Fuchs, W. E. — *Das korrosionsverhalten feuerfesten Baustoffe gegenüber Heizölaschen in Dampferzeugern.* In : V.G.B., nr. 5, 1971.
[330] Ungureanu, C. ş.a. — *Stand experimental pentru studiul arderii păcurilor sulfuroase în focare-ciclon.* In : Energetica, nr. 12, 1973.
[331] * * * *Spravocinik po pîle-i zoloulavlivaniiu.* Ed. Energhia, Moskova, 1975.
[332] Misak, I. S. şi Kruk, M. T. — *Effektivnosti sjiganiia vîsokosernistogo mazuta v şirokom diapazone nagruzok v topke parogheneratora TGMP* — 314. În : Teploenerghetika, nr. 1, 1977.
[333] Smukler, ş.a. — *Issledovanie rejimov rasholajivaniia elementov gazoplotnogo parogheneratora TGMP-324 pri ego ostanovah.* În : Teploenerghetika, nr. 8, 1977, p. 36—39.

[334] Ungureanu, C. — *Generatoare de abur pentru instalații energetice clasice.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1977.
[335] Kremer, H. — *Prinzipielle Möglichkeiten der rationellen Gasverwendung.* În : Gas-und Wasserfach, Reihe Gas/Erdgas nr. 3, 1981, p. 217—135.
[336] Tulin, S. N. — *Teplootdacia, i soprotivlenie v pucikah trub s provolocinîm orebreniem.* In : Teploenerghetika, nr. 3, 1958.
[337] Migai, V. K. și Slabodskaia, L. N. — *Issledovanie intensifițirovannoi poverhnosti teploobmena dlia vrașciaiușcihsia regheneralivnih vozduhopodogrevatelei.* In : Teploenerghetika, nr. 9, 1962, p. 68—70.
[338] Lipeț A. V. ș.a. — *Experimentalinoe issledovanie aerodinamiceskih sopotrivlenii sverhtesnih șahmatnîh pucikov trub.* In : Teploenerghetika, nr. 6, 1965.
[339] Narinskii, D. A. — *Primenenie metoda nestaționarnogo nagreva dlia opredeleniia teplootdaci regheneralivnih poverhnostei.* In : Teploenerghetika, nr. 3, 1970, p. 40—42.
[340] Nadîrov, I. I., Lokșin, V. A. și Botkacik, I. A. — *Teploobmen i aerodinamiceskoe soprotivlenie emalirovannoi nabivki regheneralivnih vozduhopodogrevatelei.* In : Energomașinostroenie, nr. 7, 1973, p. 35—37.
[341] Dubovski, I. E. și Nazarenko, V. S. — *Rezultati issledovanii regheneralivnih vozduhopodogrevatelei.* In : Energomașinostroenie, nr. 4, 1959, p. 1—6.
[342] Migai, V. K. — *Issledovanie elementov poverhnosti nagreva regheneratora „Lungstrem".* In : Energomașinostroenie nr. 7, 1959, p. 33—37.
[343] Botkacik, I. A. și Kostrov, L. A. — *Ispitaniia regheneralivnogo vozduhapodogrevatelia.* In : Energomașinostroenie, nr. 5, 1967, p. 6—8.
[344] Nazarenko, V. S., Botkacik, I. A. și Kostrov, L. A. — *Ispitaniia modeli regheralivnogo vozduhopodogrevatelia na goriacem stende.* In : Energomașinostroenie, nr. 9, 1967, p. 1—4.
[345] Finger, E. D. ș.a. — *Metodika ispitanii kotelinîh ustanovok.* Ed. Energhia, Moskova, 1970.
[346] Lafa., Iu. I. și Fomina, V. N. — *Aerodinamiceskie ispitaniia vozduhopodogrevatelia kotla P- 49 bloka moșcinostiu 500 MW.* In : Elektriceskie stanții, nr. 2 1971, p. 26—28.
[347] Striha, I. I. și Miakas, V. I. — *Nekotorîe rezultati issledovannii korrozii v vozduhopodogrevateliah parogheneraforov.* In : Iz. Vuz. Energhetika, nr. 11, 1973, p. 65—70.
[348] Postălnicescu, M. — *Asupra temperaturilor minime de evacuare a gazelor de ardere din cazane.* In : Buletinul I.P.B. tom. XXXI, nr. 2, p. 127—140.
[349] * * * *Osnovnîe metodiceskie polojeniia tehniko-ekonomiceskih rascetov v energhetike.* Metallurgizdat, Moskova, 1959.
[350] Gheorghiu, Șt. și Antonescu, G. — *Dimensionarea economică a schimbătoarelor finale de căldură ale agregatelor de cazane de abur.* In : Buletinul I.P.B., tom XXIV, apr.-iunie 1962.
[351] Postălnicescu, M. — *Stabilirea temperaturii optime de evacuare a gazelor de ardere ale agregatelor de cazane de abur.* In : Metalurgia și construcția de mașini, nr. 9, 1962.
[352] Degtigher, V. D. — *Optimalnoe skorosti gazov i vozduha v regheneralivnih vrasciaiușcihsia vozduhopodogrevateliah.* In : Teploenerghetika nr. 10, 1963.
[353] Dehtiarev, V. D. — *Opredelenie optimalinih skorostei gazov i vozduha v trubciatih vozduhopodogrevateliah.* In : Elektriceskie stanții. nr. 11, 1964.
[354] Pekker, Ia. L. — *Teplotehniceskie rasceti po privedennîm harakteristikam toplîv.* Ed. Energhia, Moscova 1966.
[355] Vnukov, A. K. — *Nadejnosti ekonomicinosti kotlov dlia gaza i mazuta.* Ed. Energhia, Moskova, 1966.
[356] * * * *Fouling and Corrosion in Steam Generators.* Beograd, 1980.
[357] Degtiagher, V. D. — *Opredelenie optimalinoi skorosti vozduha v kalorifernih ustanovkah kotelnih agregatov.* In : Tepoenerghetika, nr. 5, 1966.
[358] Lipeț, A. U. — *Ob effektivnosti trubciatih voduhopodogrevateliah.* In : Elektriciskie stanții, nr. 5, 1966.
[359] Zmacinski, A. V. — *Opredelenie optimalinogo sootnoșeniia skorostei vozduha i gazov v regheneralivnih vozduhopodogrevateliah kotloagregatov.* In : Teploenerghetika, nr. 6, 1966.
[360] Petrov, V. A. — *Rescetnaia ocenka snijeniia koeffițientov ispolizovaniia trubciatih vozduhopodogrevatelei.* In : Teploenerghetika, nr. 5, 1970, p. 78—80.
[361] Sviderskii. G. A. ș.a. — *Izmerenie temperaturî holodnogo vozduha pri opredelenii ekonomicinosti kotla po obralnomu balansu.* In : Energetik, nr. 9, 1970.
[362] Richter, L.A. — *O vibore optimalnîh skorostei gazov i vozduha v regheneralivnih vozduhopodogrevateliah.* In : Energomașinostroenie, nr. 11, 1970, p. 37—39.
[363] Petrov, V. A. — *Vliianie neravnomernostei temperatur produktov sgoraniia na vhode v stupeni vozduhopodogrevatelei na temperaturnîe naporî.* In : Teploenerghetika, nr. 12, 1970, p. 34, 35.
[364] Lipeț, A. V. — *Vliianie peretokov vozduha cerez mejsekționnie uploteniia na koeffițient ispolzovaniia trubciatih vozduhopodogrevateliah.* In : Energomașinostroenie, nr. 5, 1971.
[365] Wierick, D. și Schneider, W. — *Gütekriterien zur automatischen Optimierung des Luftverhältnisses und der Abgastemperatur kohlenstaubgefeuerter Dampferzeuger.* In : Energietechnik, nr. 5, 1971, p. 207—213.
[366] Țirulnikov, L. M. și Mesporian, R. A. — *K opredeleniiu temperaturî holodnogo vozduha pri sjiganii sernistîh mazutov.* In : Teploenerghetika, nr. 1, 1973, p. 72—73.
[367] Gavrilov, A. F.ș.a. — *Vliianie temperaturî vozduha, postupaiușcego v regheneralivnîi vozduhopodogrevateli na zolovoi zanos.* In : Energhetik, nr. 9, 1975, p. 17—18.*i*
[368] Herrmann, W. — *Niedrigste zulässige Abgastemperatur bei Industriefeuerungen mit schwefelhaltigen Brennstoffen.* In : Energieanwendung, nr. 9, 1975, p. 269—274.
[369] Iampolskii, A. E. — *Rascet perekrestnogo toka s neravnomernîmi vhodnîmi temperaturami.* In : Teploenerghetika, nr. 9, 1981, p. 70—72.
[370] Petrov, V. A. — *Teplovie harakteristiki trubciatogo vozduhopodogrevatelia kotla P-59 energobloka 300 MW.* In : Teploenerghetika, nr. 2, 1981, p. 33—36.
[371] Glaubitz, F. — *Die Verhütung von Korrosion an ölgefeuerten Kesseln durch Verbrennung des öles mit extrem niedrigem Luftüberschuss.* In : Werkstoffe Korrosion, nr. 12, 1965, p. 1033 — 1039.
[372] Reese, J. T. ș.a. — *Prevention of Residual Oil Combustion Problems by Use of Low Excess Air and Magnesium Additive.* In : J. of Engng. for Pwr. Trans. ASME, seria A 1965 p. 229—236.
[373] Cardinal, R. și Glevarec, J. — *Industrial Law Excess Air Operation of the Nantes-Chevire Power Station, Unit Number 4—1.* In : Combustion, mai 1966, p. 20—27.
[374] Gorbanenko, A. D. ș.a. — *Perspektivî vnedreniia rejimov sjiganiia sernistogo mazuta s malîmi izbîtkami vozduha.* In : Teploenerghetika, nr. 1, 1971, p. 11—15.
[375] Soloviev. V. V. — *O vibrațiiah potoka vozdukha (gazov) v pucikah trub kotelnihk agregatov.* In : Teploenerghetika nr. 7, 1960.
[376] Biman, BV. M., Botkacik, I. A., Lipeț, A. V. ș.a. *Regheneralivniie vozduhopodogrevateli Podolskogo zavoda imeni Ordjonikidze.* In : Teploenerghetika, nr. 4, 1967, p. 36—41.
[377] Migai, V. K. — *Soverșenstvovanie kompaktnîh poverhnostei teploobmena vrasciaiușcihsia vozduhopodogrevatelei ZiO.* In : Trudî TKTI, 1970, p. 85—89.
[378] Migai, V. K. ș.a. — *Regheneralivnie vrașciaiușciesia vozduhopodogrevateli.* Ed. Energhiia, Leningrad, 1971.
[379] Korovin, V. P. ș.a. — *Merî zașciti hvostovîh poverhnostei nagreva kotelnîh agregatov.* In : Energhetik, nr. 7, 1972, p. 23—24.

[380] Gavrilov, A. F. şi Maidanik, M. N. — *Konstrukţii i opît expluatafii nizkotemperaturnîh poverhnostei nagreva kotelnîh agregatov.* Ed. Informenergo, Moskova, 1973.

[381] Moseiciuk, R. N. şi Misak, I. S. — *Ob effektivnosti otsosnoi ustanovki kotla TGMP-314.* In : Energhetik, nr. 6, 1974.

[382] * * * *Gazomazutnîe kotli energoblokov moşcinostiu 500 MW.* In : Express-Informaţiia Teploenerghetika nr. 22, 1974.

[383] Parşin, A. A. ş.a. — *Osobennosti konstrukţii i montaja novîh regheneraţivnîh vraşciaiuşcihsia vozduhopodogrevatelei TKZ.* Ed. Energhia, Moskova, 1976.

[384] Botkacik, I.A. — *Reghenerativnîe vozduhopodogrevateli paroghenerafarov.* Ed. Maşinostroenie, Moskova, 1978.

[385] Petrov, V. A. — *Expluatafionnîe harakteristiki trubciatogo vozduhopodogrevatelia kotla P-57-3 energobloka 500 MW.* In : Energhetik, nr. 5, 1983, p. 8.

[386] Zikin, A. L. — *Ustanovka dlia podogreva vozduha na vodogreinîh kotlah PTVM-180.* In : Energhetik, nr. 12, 1983, p. 18.

[387] Eumeiko, N. N. ş.a. — *Ocistka reghererativnîhk vozduhopodogrevatelei vodoi visokogo davleniia.* In : Energhetik, nr. 10, 1971, p. 4—5.

[388] Gavrilov, A. F. ş.a. — *Ocistka reghenerativnîh vozduhopodogrevatelei vodoi visokogo davleniia.* In : Elekticeskie stanţii, nr. 2, 1974, p. 30—34.

[389] Filimonov, A. I. şi Nadîrov, I. I. — *O vîbore parametrov para dlia ocistki reghenerativnîh vozduhopodogrevatelei.* In : Energhetik, nr. 9, 1972.

[390] Gorbunov, V. D. ş.a. — *Ocistka reghenerativnîh vozduhopodogrevatelei metodom termiceskoi suşki.* In : Electriceskie stanţii, nr. 5, 1973, p. 76—77.

[391] Gavrilov, A. F. şi Raskin, Z. Ia. — *Konstrukţiia drobecistitelnîh ustanovke dlia moşcinîh kotelnîh agregatov..* In : Energomaşinostroenie, nr. 9, 1969, p. 16—18.

[392] Dombrovski, V. I. ş.a. — *Modernizaţiia uplotnenii regheneraţivnîh vozduhopodogrevatelei.* In : Energhetik nr. 2, 1973, p. 22—23.

[393] Efimocikin, G. I. ş.a. — *Rekonstrukţiia sistemî regheneraţii nizkogo davleniia turboustanovok 300 MW.* In : Electriceskie stanţii, nr. 10, 1975.

[394] Saphier, I. — *Recuperarea pierderilor de căldură în industrie.* Ed. Academiei R.S.R., Bucureşti, 1953.

[395] Wecke, H. — *Căldura industrială utilă şi căldura industrială de evacuare.* In : Economia de Energie, nr. 4, 1963.

[396] Riesner, ;W. — *Probleme economice ale utilizării căldurii pierdute.* In : Economia de Energie, nr. 5,-1964.

[397] * * * *Recuperarea căldurii din gazele de ardere, con. densat şi aburul utilizat în industrie.* Lucrare I.D.T. Bucureşti, 1964.

[398] Riesner, W. — *Problemele economice ale utilizării căldurii din gazele de evacuare.* In : Economia de Energie, nr. 3, 1965.

[399] Riesner, W. — *Compararea energetică a preîncălzirii aerului prin căldura gazelor de evacuare cu alte posibilităţi de recuperare a căldurii gazelor de evacuare.* In : Economia de Energie, nr. 6, 1966.

[400] Sladkov, S. P. şi Cebotorev, V. I. — *Utilizarea căldurii gazelor de ardere evacuate de agregatele cu gaze — aer, la sistemele de încălzire şi ventilaţie.* In : Economia de Energia, nr. 10, 1966.

[401] Popa, B. ş.a. — *Recuperarea căldurii în industrie.* Ed. tehnică, Bucureşti, 1971.

[402] Aronow, J. S. — *Kontaktwassererwärmung durch Produkte der Erdgasverbrennung.* Ed. Nedra, Leningrad, 1978.

[403] Blas, J. G. — *Spanish Experience With Burnning. Law-Grade Coal* In : Combustion, sept. 1970, p. 6—13

[404] Kremer, R. — *Nutzung der Wasserdampfkondensation aus Abgasen.* In : Wärmerückgewinnung und Abwärmeverwertung, Editura Vulkan, Essen, 1979, p. 32—39.

[405] Bartholomeus, P.H.J. — *Eine neue Generation von Gasheizkesseln.* In : Gas Wärme International, nr. 11, 1980, p. 592—595.

[406] Wilsdorf, I. şi Müller, R. — *Möglichkeiten und Grenzen der Brennwertnutzung.* In : Energietechnik, nr. 10, 1981, p. 369—373.

[407] Kremer, R. — *Vom Recitherm — Brennwertgerät zum Energiesparkessel mit Brennwertnutzung.* In : Wärmetechnik nr. 2, 1982, p. 48—52.

[408] Wilsdorf, J. şi Müller, R. — *Nutzung der Kondensationsenthalpie der Verbrennungsgase bei Gasanwendungsanlagen.* In : Stadt-und Gebäudetechnik, nr. 9, 1982, p. 267—271.

[409] Klauge, W., Gräf, H. şi Attenberger, L. — *Das IfE-Verfahren zur Wärmenutzung und Rauchgasentschwefelung- Die rationelle Energie-anwendung ermöglicht die Wirtschaftlichkeit neuer Umweltschutztechniken.* In : Energietechnik, nr. 1, 1983, p. 27.

[410] Wilsdorf, J. şi Müller, R. — *Erprobrung und Bewertung eines Verfahrens zur Abgaswärmenutzung mit Taupunktunterschreitung.* In : Energietechik, nr. 9, 1983, p. 339—344.

[411] Komissarov, V. A. — *Ekonomaizer nizkogo davleniia na elektrostanţiiah.* In : Elektriceskie stanţii, nr. 2, 1966, p. 75.

[412] Suhonosov, A. VA. şi Boşmakov, A. S. — — *Gazomazutnii kotelnii agregat TGM-15 s gazovîm isparitelem.* In : Energomaşinostroenie nr. 6, 1962.

[413] Nadîrov, I. I., Lokşin, V. A., Botkacik, I. A., Artamonov, V. A. şi Bricikina, L.S. — *Teploobmen i aerodinamiceskoe soprotivlenie keramiceskih blokov.* In : Teploenerghetika nr. 5, 1973, p. 73—75.

[414] Abduraşitov S. R., Zaiţev, G.A., Kociurov, N. I. — *Primenenie keramiki v regheneraţivnîh vozduhopodogrevateliah.* In : Energhetik nr. 11, 1976, p. 16—17.

[415] Seih-Zade, R. M., Gameva, R. N. şi Komissarova, N. A. — *Keramiceskie elementî poverhnostei nagreva vozduhopodogrevatelei.* In : Stekla i keramika, nr. 2, 1980, p. 27.

[416] Petroşian, R. A., Nadîrov, I. I., Kutman, B. L. şi Maltev V. N. *Primenenie intensifiţirovannoi keramiceskoi nabivki holodnoi ciasti regheneraţivnîh vraşciaiuşchihsia vozduhopodogrevatelei.* In : Elektriceskie stanţii nr. 9, 1983, p. 26—28.

[417] Gorelov, A. — *Vozduhopodogrevateli iz stekliannih trub.* In : Elekriceskie stanţii nr. 7, 1965, p. 75—76.

[418] Sapiro, I. E. şi Frolova, E. G. — *Stekliannîe trubî.* Ed. Gosenergoizdat, Moskova, 1966.

[419] Upmalis, A. — *Anwendung von Glassrohr — Lufterhitzern.* In : B.W.K., nr. 5, 1968, p. 221—224.

[420] Upmalis, A. — *Glassrohr-Lufterhitzer für Wasserrohrkessel.* In : B.W.K. nr. 5, 1968, p. 225.

[421] Bowen, DI. G. — *Glass air heaters for watertube boilers.* In : J. Inst. Fuel nr. 326, 1968, p. 133—137.

[422] Maidanik, M. N. ş.a. — *Nizkotemperaturnii vozduhopodogrevateli so stekliannîmi trubami.* In : Energhetik nr. 4, 1973, p. 9—11.

[423] Gavrilov, A. F., Marinin, V. K., Jadan, N. Ia şi Jabo, V. V. — *Issledovanie nizkotemperaturnogo vozduhopodogrevatelia so stekliannîmi trubami na kotle energobloka 300 MW.* In : Electriceskie stanţii nr. 11, 1973, p.

[424] * * * *Emalirovanie metalliceskih izdelii.* In : Maşinostroenie, Leningrad, 1972.

[425] Fedorov, I. I. ş.a. *Perpektivî ispolzovaniia drobepotocinîh regheneraţivnîh vozduhopodogrevatelei.* In : Promîşlennaia energhetika, nr. 8, 1975, p. 50—52.

[426] Schöll, G. — *Ein neuartiger Regenerativ — Wärmeaustauscher.* In : Energie, nr. 9, 1955, p. 338—341.

[427] Postălnicescu, M. şi Neaga, C. — *Influenţa preîncălzirii preliminare a aerului de ardere la un cazan în scopul evitării coroziunii, asupra economicităţii instalaţiei.* In : Buletin I.P.B. tom XXVIII, nr. 1, p. 117—139.

[428] Pekker, Ia. L. — *Podsceot poteri tepla q_2 pri predvaritelinom podogreve vozduha parom.* In : Teploenerghetika, nr. 11, 1969.

[429] Jabo, V. V. şi Gavrilov, A. F. — *Vliianie podogreva holodnogo vozduha na rabotu RVV.* In : Energhetik, nr. 6, 1974, p. 8—9.

[430] Petrosian, R.A. şi Danilova, LÎP. — *Predvaritelinii podogrev vozduha i teplovaia ekonomicinosti parosilovoi ustanovki.* In : Electriceskie stanţii, nr- 7-1974.

[431] Krol, L.B. şi Rozengauz, I. N. — *Ekonomicinosti parovogo i vodianogo podogreva vozduha kotelinîh agregatov.* In cartea : Ekonomia topliva na TES. Ed. Energhia, Moskova, Leningrad, 1967.

[432] Lokşin, V. A. şi Tulin, S. N. — *Rezultati issledovaniia energheticeskoi kalorifernoi ustanovki.* In : Energomaşinostroenie, nr. 6, 1976.

[433] Fomina, V. N. ş.a. *Ispitaniia gladkotrubnik kalorifero v s perekrestnoşahmatnoi komponovkoi.* In : Elektriceskie stanţii, nr. 9, 1983, p. 64.

[434] Nadirov, I. I. şi Antonov, A. Ia. — *Ocistka vraşciaiuşcihsia reghenerativnîh vozduhopodogrevatelei kotlov, rabotaiuşcih na tverdom i jidkom toplive.* In : Energhetika za rubejom, BTI ORGRES, 1965.

[435] Kuzneţov, N. V. ş.a. — *Ocistka poverhnostei nagreva kotelinîh agregatov.* Ed. Energihia, 1966.

[436] Gavrilov, A. F., Marinin, V. K. şi Jadan, N. Ia. — *Ustroistva dlia ocistki konvektivnîh poverhnostei nagreva kotla PK-41 of zolovîh otlojenii.* In : Elektriceskie stanţii, nr. 9, 1971, p. 28—33.

[437] Gribov, N. A. ş.a. — *O nekotorîh pricinah zagriazneniia nabivki reghenerativnîh vozduhopodogrevatelei.* In : Energhetik, nr. 9, 1971, p. 3—4. .

[438] Gasnikov, V. I. ş.a. — *Ispolizovanie nestaţionarnogo goreniia dlia ocistki poverhnostei nagreva.* In : Promişlennaia energhetika, nr. 4, 1973, p. 37—38.

[439] Severeanin, V. S. ş.a. — *Issledovanie, razrabotka i vnedrenie apparatov nestaţionarnogo goreniia dlia ocistki poverhnostei nagreva.* In : Teploenerghetika nr. 1, 1974, p. 32—35.

[440] Gavrilov, A. F. ş.a. — *Ustroistvo dlia ocistki reghenerativnogo vraşciaiuşcegosia vozduhopodogrevatelia.* In : Buletinul Otkriţiia Izobreteniia Prom. obrazţi. Tovarnie znaki, nr. 35/1974.

[441] Upmalis, A. — Versuche mit einem Nassfilter zur Wärmerückgewinnung aus Rauchgasen. In : B.W.K., nr. 5, 1972, p. 208—211.

Ing. Anton Roşu — ICEMENERG

Energetica peste hotare

Perspectivele utilizării resurselor energetice neconvenţionale în U.R.S.S.

Problemele utilizării surselor neconvenţionale de energie sînt de mare actualitate în toată lumea, mai ales în urma aşa-numitei „crize energetice", care a atras atenţia specialiştilor asupra limitelor cantitative ale combustibililor fosili şi asupra necesităţii tratării globale a surselor de energie.

În România, problema surselor noi de energie se bucură de o atenţie deosebită, accentuată în special după aprobarea Programului Directivă de Cercetare şi Dezvoltare în Domeniul Energiei pe perioada 1981—1990 şi orientările principale pînă în anul 2000, la Congresul al XII-lea al P.C.R.

Preocupări asemănătoare sînt observate şi în alte ţări. Astfel, în cadrul Comisiei Economice pentru Energie a Naţiunilor Unite a avut loc a doua reuniune asupra surselor noi şi reînnoibile de energie în noiembrie 1983. Publicăm mai jos, în traducere integrală, raportul transmis de guvernul U. R. S. S. la 8 martie 1984 în conformitate cu hotărirea adoptată la reuniunea citată mai sus. Acest raport se referă la perspectivele utilizării surselor energetice neconvenţionale în U. R. S. S. şi prezintă datele principale ale direcţiilor de viitor.

Considerăm că prezentarea acestui raport şi a altora asemănătoare, este utilă pentru specialiştii noştri.

Trebuie să subliniem faptul că, la formarea unor păreri asupra concepţiei avute în vedere în alte ţări, trebuie să se ţină seama de particularităţile locale. De exemplu, în U. R. S. S. există mari rezerve de surse naturale de energie primară, care sînt considerate azi ca reprezentînd 40% din resursele mondiale de energie. De asemenea, în această ţară există un potenţial hidroenergetic important, din care în prezent este amenajat numai 15%. Evident că asemenea precondiţii influenţează şi perspectiva altor surse de energie.

C. M.

Una din trăsăturile caracteristice ale ultimei treimi a secolului XX o reprezintă epuizarea resurselor de combustibili fosili şi apariţia consecutivă a unei probleme globale a energiei — problema asigurării aprovizionării cu combustibilul şi energia necesare activităţilor economice ale omenirii. Au mai existat şi în trecut perioade dificile privind asigurarea alimentării cu energie, dar, de regulă, aceste dificultăţi au avut un caracter local şi temporar, fiind relativ rapid depăşite prin exploatarea unor noi tipuri de resurse energetice.

În prezent situaţia s-a schimbat radical. Problema resurselor energetice a luat proporţii mondiale. Dată fiind structura existentă a balanţei energetice, precum şi nivelul actual al tehnologiei, aprovizionarea cu energie devine din ce în ce mai dificilă şi mai costisitoare O cale de rezolvare a dificultăţilor apărute poate fi întrevăzută printr-o cooperare internaţională extensivă, bazată pe egalitate, în domeniul energiei. Un rol absolut pozitiv îl poate juca încetarea cursei înarmărilor, care paralizează un imens potenţial financiar, tehnologic şi de resurse, potenţial ce ar putea fi utilizat în mod eficient pentru dezvoltarea producţiei de energie.

La fel ca alte state socialiste, Uniunea Sovietică se bazează în abordarea problemei energetice pe planificarea pe termen lung şi pe prognoza direcţiilor de dezvoltare economică. În U.R.S.S. a fost realizat un program naţional pentru dezvoltarea pe termen lung a producţiei de energie şi există programe integrate specializate, precum şi programe pentru soluţionarea problemelor ştiinţifice şi tehnologice majore din domeniul energiei, programe a căror implementare va garanta rezerve sigure de combustibil şi energie.

U. R. S. S. dispune de mari rezerve energetice naturale, reprezentînd aproximativ 40% din rezervele de combustibil ale lumii, şi de un semnificativ potenţial hidroenergetic, din care doar 15% a fost pînă în prezent amenajat. Acest lucru înseamnă că există premisele bazării sistemului de combustibil şi energie al ţării pentru viitorul previzibil, pe resurse energetice interne.

Problema principală pentru dezvoltarea pe termen lung a sistemului de combustibil şi energie al Uniunii Sovietice o reprezintă distribuţia inegală pe teritoriul ţării a zonelor principale de producţie a combustibilului, precum şi a celor de consum al energiei. Majoritatea sorturilor de cărbune ieftin, adecvate exploatării miniere la zi, precum şi cele mai mari şi mai eficiente resurse hidroenergetice şi principalele zăcăminte de gaze naturale şi petrol, sînt în partea de est a ţării. Totodată, 80% din consumul total de combustibil şi resurse energetice este în prezent concentrat în partea europeană a U.R.S.S. inclusiv în Urali şi Transcaucazia. Această regiune este şi va rămîne o zonă de cost ridicat al energiei, astfel încît dezvoltarea producţiei de energie pe bază nucleară în această parte a ţării, precum şi elaborarea unor metode noi, mai eficiente de transport al unor mari cantităţi de combustibil şi de transport la mare distanţă al energiei electrice, sînt în prezent considerate a fi problemele economice, ştiinţifice şi tehnologice de importanţă capitală.

În ultima parte a secolului XX şi în prima parte a secolului XXI, sistemul de combustibil şi energie al U.R.S.S. va fi caracterizat de următoarele tendinţe şi dezvoltări, care trebuie luate în consideraţie atunci cînd se analizează aspectele speciale implicate în utilizarea resurselor energetice neconvenţionale :

— o utilizare din ce în ce mai eficientă a resurselor energetice în cadrul economiei naţionale, datorată introducerii unor tehnologii noi eficiente din punct de vedere energetic, precum şi echipamente şi maşini energetice din ce în ce mai eficiente în ceea ce priveşte consumurile specifice ;

— mutaţii apreciabile în balanţa energetică a ţării în favoarea unei ponderi mai mari a resurselor energetice eficiente (în special a energiei electrice şi a gazelor naturale), creşterea potenţialului energetic al ţării bazîndu-se, în primul rînd, pe gazele naturale şi apoi pe energia nucleară şi pe sorturi de cărbune ieftin ;

— o creştere apreciabilă a costurilor de producţie a petrolului, precum şi a preţurilor petrolului pe piaţa internaţională, ceea ce face ca producerea de combustibil lichid sintetic pe bază de cărbune ieftin să devină interesantă din punct de vedere economic ;

— creşterea ponderii alimentării centralizate cu căldură, precum şi, în cazul consumatorilor de căldură dispersaţi pe o suprafaţă mare, înlocuirea combustibilului lichid şi a gazelor cu energie nucleară sub forma încălzirii electrice cu acumulare şi cu pompe de căldură, precum şi prin energie solară şi geotermală ;

— ritmul rapid de dezvoltare a producţiei de energie electrică pe bază nucleară — limitată pe termen scurt de capacitatea sectorului industriei constructoare de maşini — şi, în continuare de domeniile de utilizare eficientă a energi ei nucleare ;

— crearea premiselor pentru utilizarea economică pe scară largă a surselor energetice noi şi regenerabile : energia apelor, energia solară, a vîntului şi cea geotermatlă, precum şi alte surse energetice neconvenţionale şi purtători de energie ;

— impactul în creştere al producerii şi consumului de energie asupra mediului înconjurător, ceea ce necesită o largă gamă de măsuri de prevenire sau eliminare a consecinţelor ecologice nedorite ale dezvoltării energetice.

Se anticipează o creştere a consumului de energie primară a ţării de 1,7—2 ori pînă în anul 2000 (de la 1,76 miliarde tep în 1980 pînă la 2,9—3,5 miliarde tep în 2000)*, producţia de energie electrică urmînd să crească la 2700—3500 TWh, de la 1295 TWh în 1980. Ponderea energiei electrice în balanţa de energie primară (furnizarea de resurse de energie primară pentru producerea de energie electrică), va creşte de la 24,3%, în 1980, la 27,3% în anul 2000. Consumul de căldură din surse centralizate va creşte de 1,5—1,8 ori (de la 2260 milioane Gcal la 4 500—5 500 milioane Gcal, în anul 2000). Se vor produce mutaţii substanţiale în structura surselor de căldură. Aportul gazelor naturale sau al combustibilului solid pentru alimentarea centralelor termice şi termoelectrice va creşte, în timp ce contribuţia combustibilului lichid va scădea considerabil.

Se anticipează că resursele nucleare pentru alimentarea cu căldură, care, conform unor evaluări optimiste, vor putea atinge între 10 şi 15% din totalul cerinţelor de căldură, vor fi disponibile către sfîrşitul secolului.

Cea mai mare parte a creşterii consumului de energie va fi acoperită prin creşterea producţiei de gaze naturale şi cărbune, precum şi a producţiei de energie nuclearo-electrică. Se aşteaptă ca sursele noi de energie, în special energia solară, a vîntului şi geotermală să-şi aducă o oarecare contribuţie la balanţa de energie primară în 1990, dar cu toate acestea s-ar părea că aportul total al surselor noi şi regenerabile, inclusiv cele hidroenergetice, nu va depăşi 5—6% din producţia de energie primară a U. R. S. S. la sfîrşitul secolului (respectiv 15% dacă se adaugă şi energia nucleară). După anul 2 000 se prevede ca sursele neconvenţionale de energie să contribuie într-o măsură considerabil mai mare.

Conform unor estimări, această categorie de resurse energetice va ajunge să acopere 35—40% din producţia totală de resurse energetice primare a U. R. S. S. la sfîrşitul primului sfert al secolului XXI.

În ciuda contribuţiei relativ mici a resurselor energetice neconvenţionale la rezolvarea problemei alimentării cu energie a economiei naţionale a U. R. S. S. sînt în curs de desfăşurare cercetări ştiinţifice intense şi lucrări experimentale în domeniul punerii în valoare a acestor resurse energetice practic inepuizabile. Uniunea Sovietică este extrem de interesată în schimburile de experienţă şi în cooperarea internaţională în domeniul valorificării resurselor energetice neconvenţionale.

Determinantă pentru utilizarea pe scară largă a acestor resurse energetice va fi în cele din urmă eficienţa lor economică relativă, în comparaţie cu cea a resurselor convenţionale de combustibil fosili şi cu energia nucleară. Totuşi, cursul ascendent al preţurilor la combustibilii fosili (în special la cei mai eficienţi — gazele şi petrolul), precum şi încertitudinea relativă în ceea ce priveşte posibilitatea valorificării în practică a energiei electrice de provenienţă termonucleară şi diversele probleme încă nerezolvate în legătură cu producţia de energie nuclearoelectrică, pledează pentru dezvoltarea unor metode de înaltă eficienţă de punere în valoare a resurselor energetice neconvenţionale, ca fiind o problemă de interes urgent şi vital.

Energia solară

În viitorul apropiat, energia solară va fi utilizată doar pentru livrarea de căldură la consumatorii dispersaţi în regiunile sudice ale ţării, precum şi la livrarea de energie electrică unor mici consumatori izolaţi.

Dacă se va dezvolta în mod adecvat, energia solară ar putea asigura economii de combustibil fosil, ridicîndu-se la cîteva zeci de milioane de tep pe an către sfîrşitul secolului.

Căldura de potenţial scăzut şi producerea frigului

Aceasta este cea mai promiţătoare aplicaţie a energiei solare în U. R. S. S. Regiunile sudice ale ţării sînt caracterizate printr-o insolaţie de 1,5—2 Gcal/m² şi an pentru captatoarele solare cu orientare optimă. Astfel, asumîndu-se un randament mediu de 40—50% a conversiei radiaţiilor solare în căldură de potenţial scăzut, un captator solar va produce 0,6—1,1 Gcal/m² şi an, ceea ce corespunde unei economii de combustibil între 0,1 şi 0,3 tep/m² şi an.

*) 1 = tep 42 GJ = 1,43 t c.c.

Dacă se consideră o cotă standard a eficienței de 12%, o cotă de amortizare de 5% și o viață de 20 ani, și făcînd abstracție de cheltuielile de exploatare ale unei centrale solare, prețurile marginale ale combustibilului, la care utilizarea centralelor solare începe să prezinte interes din punct de vedere economic, sînt după cum urmează :

— centrală costînd 150 ruble/m^2 :130 ruble/tep ;

— centrală costînd 100 ruble/m^2 :85 ruble/tep.

Dacă drept preț marginal al combustibilului se consideră prețul petrolului pe piața internațională, preț care în prezent este de aproximativ 30$/baril (aproximativ 190$/tep), atunci utilizarea centralelor solare pentru producerea de căldură de potențial scăzut este, într-un număr de cazuri, deja astăzi chiar, justificată din punct de vedere economic, în special acolo unde energia solară este întrebuințată pentru a se substitui combustibilului lichid sau energiei electrice.

Pînă în prezent în U. R. S. S. s-au realizat 50 de instalații pilot și s-au montat captatoare solare totalizînd circa 5 000 m^2. Se fac, de asemenea, pregătiri pentru producerea industrială pe scară largă a captatoarelor solare și a centralelor solare.

La o serie de institute științifice sînt în curs de desfășurare lucrări pentru elaborarea unor sisteme solare economice de încălzire a apei, de încălzire a spațiilor și de condiționare a aerului. Există anumite posibilități de utilizare a energiei solare în agricultură, de exemplu, pentru desalinizarea apei, uscarea produselor agricole și încălzirea serelor. În Kazahstan și în Asia Centrală, de exemplu, există peste 200 milioane hectare aride și semiaride de pășune, ce pot asigura suficient nutreț, dar care sînt lipsite de apă potabilă pentru adăparea vitelor, din cauza conținutului ridicat de minerale al apelor freatice (de pînă la 35 g/l). Calculele și experimentele arată că instalațiile solare de desalinizare pot fi produse la un preț de pînă la 50ruble/m^2, prețul apei potabile revenind astfel la 2,5—3 ruble/m^3, ceea ce în multe cazuri este mai ieftin decît apa livrată în cisterne. Valorificarea unor astfel de pășuni cu ajutorul energiei solare ar permite creșterea considerabilă a numărului de ovine.

Este foarte probabil ca în jurul anului 1990 utilizarea energiei solare pentru producerea căldurii de potențial scăzut să poată duce la o economie de pînă la 1 milion tep în combustibili fosili. Aceasta ar necesita montarea de captatoare solare cu o suprafață de 5—7 milioane m^2. Pentru ca pînă în anul 2000 să se obțină o economie de combustibili fosili de aproximativ 20—30 milioane tep, ar trebui instalate captatoare solare cu o suprafață de 100 milioane m^2, ceea ce reprezintă un volum de investiții de aproximativ 10 miliarde ruble.

Conversia termodinamică a energiei solare în energie mecanică și în energie electrică

Acest domeniu de activitate ocupă un loc special și implică realizarea atît de centrale solare mici, cît și mari.

În 1985 urmează să se finalizeze construcția primei centrale solare experimentale din U. R. S. S. cu o putere de 5 MW. Această centrală electrică, amplasată în Crimeea, va cuprinde toate elementele de bază ale unei centrale solaroelectrice de tip turn, la scară industrială.

Eficiența economică a centralelor solaroelectrice de tip turn în cadrul sistemelor energetice este determinată de posibilitatea de recuperare a cheltuielilor de investiție pentru construcție din economiile de combustibil și din economiile rezultate din evitarea realizării unor măsuri, care nu mai sînt necesare, de protecție a mediului ambiant.

Conform evaluărilor de proiect, prețurile reduse corectate ale energiei electrice la astfel de centrale solaroelectrice sînt totuși de cel puțin 8 pînă la 10 kopeici pe kWh, ceea ce este de cîteva ori mai mult decît prețurile de cost corespunzătoare la centralele nuclearoelectrice. Această situație limitează astfel perspectiva realizării unor asemenea centrale în următoarele cîteva decenii.

Conversia fotoelectrică a energiei solare

Această tehnologie a fost bine testată atît în timpul zborurilor prelungite în spațiu, cît și pe pămînt. Centralele fotovoltaice se disting prin marea lor durată de viață (peste 30 de ani), prin înaltul lor grad de fiabilitate, prin funcționarea independentă, precum și prin diverse alte avantaje. Totodată, prețul materialelor semiconductoare utilizate este atît de ridicat încît, în viitorul apropiat, nu se poate întrevedea decît o utilizare la scară redusă a centralelor fotovoltaice cu puteri unitare de numai cîteva sute de wați.

În U. R. S. S. sînt în funcțiune 150 de centrale solaroelectrice constituite din module fotovoltaice, avînd o putere totală însumată de aproximativ 10 kW. Au fost instalate convertizoare fotovoltaice pe faruri și pe balizele de navigație, precum și la instalațiile de protecție catodică, pe conductele de gaz din R. S. S. Azerbaidjană, Asia Centrală, precum și din alte zone.

Utilizarea pe scară mai largă ar implica reducerea costurilor cu un factor de 50 pînă la 100. În acest scop sînt efectuate lucrări de cercetare și dezvoltare în cadrul a diferite organizații sovietice.

Utilizarea pe scară largă a energiei solare în U. R. S. S. este doar în faza de început. Sînt în curs de desfășurare lucrări de cercetare experimentală în practic toate domeniile mai promițătoare ale utilizării posibile a energiei solare, iar prin funcționarea centralelor pilot, realizate în prezent, se va asigura o bază pentru concluzii privind fezabilitatea și sfera de dezvoltare a energiei solare.

Energia geotermală

Conform informațiilor furnizate de către Academia de Științe a U. R. S. S. și de către Ministerul Geologiei al U. R. S. S. rezervele previzibile de ape termale la adîncimi de 3 000—5 000 m, cu temperaturi de 40°C pînă la 200°C și cu conținut de minerale de pînă la 35 g/l sînt suficiente pentru un consum de 20—22 milioane m^2 pe zi regenerabile într-o perioadă îndelungată. Majoritatea acestor ape ajung la suprafață prin erupții. Peste 70% din rezervele de apă termală se află în părțile puțin dezvoltate ale Siberiei și în Orientul Îndepărtat. Peste 90% din ele au temperaturi sub 100°C.

Ultimele două considerente exclud posibilitatea utilizării acestei surse de energie la acoperirea,chiar și într-un viitor îndepărtat, a unei părți semnificative a cerințelor din țară pentru căldură de potențial scăzut și energie electrică.

Pe de altă parte, energia geotermală își va găsi în mod sigur o utilizare extensivă în acele regiuni în care condițiile sînt cele mai favorabile, în principal ca metodă de furnizare a căldurii la consumatorii locali casnici și din agricultură.

Mari rezerve de energie termală se află captate în straturile acvifere și în stînci „uscate", la adîncimi considerabile. Sistemele ce permit utilizarea industrială a acestei surse de căldură sînt în prezent în faza de cercetare experimentală.

Apele termale conțin în general săruri dizolvate în concentrații foarte mari, care exclud în mod virtual posibilitatea de evacuare a apei uzate în spații deschise. Cea mai rațională metodă din punctul de vedere al protecției mediului înconjurător constă în repomparea apei uzate în interiorul stratului acvifer, dar acest lucru ridică prețurile de utilizare și poate acționa ca restricție chiar și în zonele cu cele mai favorabile condiții.

În același timp prezența a peste 70 de elemente chimice în formă dizolvată și adesea în concentrație mare face ca apa termală să fie o materie primă valoroasă pentru industria chimică. Extragerea elementelor chimice în paralel cu utilizarea căldurii apelor termale este nu numai o sursă de beneficii economice, dar este și necesară din considerente de protecție a mediului înconjurător.

Numeroase ape termale au proprietăți terapeutice și pot fi utilizate în balneoterapie și în bazinele de înot.

Se pot da o serie de exemple de utilizare a căldurii geotermale în U. R. S. S. O astfel de căldură este destul de larg utilizată la încălzirea parțială sau integrală a serelor de legume.

Producția bazată pe utilizarea serelor și răsadnițelor cu încălzire geotermală este în curs de răspîndire în nordul Caucazului și în Transcaucazia. De exemplu, complexul de sere Kindgsky, cu o suprafață de 54 hectare, este construit pe un amplasament cu izvoare de apă fierbinte în R.S.S. Gruzină. În cadrul unui complex agricol din regiunea Kras— nodar există un complex de sere cu o suprafață de 19 hectare încălzite cu apă termală cu temperatura inițială de 47°C, după care apa uzată, care are o temperatură de 35—40°C, este direcționată pe canale către o fermă zootehnică și către un bazin de 200 hectare pentru creșterea crapilor.

În orașul Mahacikala apa termală este sursă de încălzire și de alimentare cu apă caldă pentru șapte clădiri de locuit, fiecare avînd 70 de apartamente, economia anuală de energie ridicîndu-se pînă la 1200 tep.

În următorii cîțiva ani alimentarea cu căldură geotermală urmează să fie introdusă în Alma-Ata, Taşkent, Tiumen Omsk, Petropavlovsk-Kamciatsky și în alte mari centre din U. R. S. S.

Pentru producerea de enrgie electrică cele mai promițătoare zăcăminte geotermale sînt cele din Kamciatka și insulele Kurile, unde există izvoare cu temperaturi de 200 pînă la 250°C la adîncimi de numai 500—1 500 m. În Caucaz, Crimeea și Carpați au fost descoperite anomalii termale cu temperaturi de 170—200°C la adîncimi de 4 pînă la 5 km. În aceste zone se întrevede construirea unor mici centrale geotermale pilot cu capacități de producție de cîteva zeci de MW.

Este bine cunoscută experiența acumulată la centrala geotermală Panjetskaia, unde costurile de producție ale energiei electrice sînt de cîteva ori mai mici decît la centralele diesel electrice echivalente, care reprezintă tipul cel mai comun de centrală din diversele părți ale Kamciatkăi.

În cadrul diverselor organizații din țară este în curs de desfășurare un volum important de lucrări de cercetare și prospectare menite să ducă la extinderea gradului de utilizare a căldurii geotermale.

Energia vîntului

Dezvoltarea cercetărilor și lucrărilor practice în domeniul producerii de energie bazată pe vînt a început în U. R. S. S. încă din anii 1920. E. E. Jurkovski și elevii săi au dezvoltat o teorie cu privire la aerogeneratorul ideal și real, au investigat sarcinile repartizate pe o elice și au testat o serie de prototipuri de aerogeneratoare de mare viteză. În 1931 a fost construită și pusă în funcțiune în Crimeea o centrală electrică de 100 kW pe baza energiei vîntului — cea mai mare din lume la acea dată — centrală care a funcționat cu succes pînă în 1942.

Recent în U. R. S. S. a fost reactivat interesul față de utilizarea energiei vîntului.

Domeniul de aplicabilitate considerat a fi cel mai promițător în această privință este acela al alimentării cu energie la consumatori disperați și fără acces la sursele centralizate de energie. De regulă, în acest scop urmează să fie folosite centrale de putere scăzută și medie (de pînă la 100—200 kW).

Zonele cele mai importante în ceea ce privește energia vîntului sînt cele din Nordul îndepărtat, zona Mării Aral/ Marea Caspică, țărmul Mării Baltice și cel al Pacificului. Vitezele cele mai mari ale vînturilor periodice sînt înregistrate în aceste zone. Vitezele medii anuale ale vîntului la nivelul solului sînt de 5 pînă la 10 m/s, iar vîntul bate între 270 și 320 zile pe an cu viteze de 8 m/s sau chiar mai mari pentru 30 pînă la 60% din timp.

Cele mai mari posibilități de utilizare pentru instalațiile pe bază de energie a vîntului sînt în cadrul agriculturii și al îmbunătățirilor funciare. Nevoia de instalații care utilizează energia vîntului este deosebit de acută în domeniul asigurării unor locuri de adăpare pentru creșterea vitelor pe pășunile îndepărtate din zonele aflate la distanță mare din sistemele de alimentare cu energie.

Posibilitatea combinării centralelor bazate pe energia vîntului cu instalații de desalinare prezintă un interes considerabil.

Grupurile aerogeneratoare mici pot juca un rol important în acoperirea cerințelor casnice de energie ale păstorilor, ale crescătorilor de reni, ale vînătorilor, ale geologilor și altor categorii de persoane cu ocupații similare.

Există, de asemenea, posibilități de utilizare a centralelor eoliene la irigarea oazelor, ceea ce necesită centrale energetice cu puteri instalate de cîteva zeci sau sute de kW.

Utilizarea extensivă a aerogeneratoarelor mari este improbabilă în viitorul apropiat din cauza prețurilor ridicate pe care acestea le implică.

În U. R. S. S. a fost organizată producerea de grupuri aerogeneratoare la nivel de centrală pilot. AVEU—6 este un grup de mare viteză, cu două pale și ax orizontal. Acesta are o elice cu un diametru de 6 m, iar puterea nominală a generatorului sincron este evaluată la 4 kW, la o viteză de proiect a vîntului de 9 m/s, viteza maximă a vîntului fiind de 50m/s, iar înălțimea turnului— de 7 m.

Utilizarea combinată a energiei solare, a vîntului și geotermale prezintă, de asemenea, un interes deosebit.

Dezvoltarea și perfecționarea sistemului de combustibil și energie al țării este una din condițiile importante ale unei dezvoltări reușite. Cooperarea multilaterală economică, științifică și tehnică între țările membre CAER aduce o contribuție valoroasă la rezolvarea acestor probleme. Adîncirea și extinderea unei astfel de cooperări în domeniul resurselor energetice neconvenționale reprezintă o premisă esențială pentru introducerea rapidă și eficientă a acestor resurse energetice în economia națională.

Bibliografie

1 * * * — *„Perspectivele de dezvoltare a surselor noi și regenerabile de energie în URSS"*. Raport național pentru Conferința ONU pentru utilizarea surselor noi și regenerabile de energie de la Nairobi(Kenya), Moscova, 1981.

2 * * * — *„Surse noi de energie și metode de conversie"*, Secretariatul CAER, Moscova, 1981.

De la Comitetul Național Român al CIGRE

A XXX-a sesiune CIGRE

Conferința Internațională a Marilor Sisteme Electroenergetice — CIGRE — va ține cea de-a XXX-a sesiune bianuală între 29 august și 6 septembrie 1984 la Universitatea Assas din Paris. Se apreciază că vor participa circa 2500 congresiști din aproximativ 70 de țări.

Subiectele preferențiale pentru această sesiune au fost selecționate dintre temele de actualitate tratate în cele 15 grupe de specialitate. Comitetul Național Român al CIGRE le-a difuzat specialiștilor printr-o circulară specială, în timp util.

La sesiune se vor discuta aproape 200 rapoarte tehnice care se speră că vor incita circa 100 de intervenții (după experiența sesiunilor precedente), în cursul cărora specialiștii își vor expune punctele de vedere.

În cele ce urmează semnalăm cîteva aspecte mai importante care vor fi tratate la sesiune, selecționate de CIGRE, din gama vastă a domeniului avut în vedere, ținînd seama de aspectele socio-economice rezultate ca urmare a crizei energetice și a micșorării ritmului de creștere a consumului de energie electrică pe plan mondial în ultimii ani.

1. În domeniul marilor mașini sincrone se observă o stabilizare a puterilor unitare atît la turbo, cît și la hidrogeneratoare. Se constată continuarea eforturilor pentru creșterea fiabilității acestora. De asemenea, sînt preocupări pentru folosirea optimă a datelor obținute prin supravegherea mașinilor, pentru metodele de diagnostic și pentru protejarea mașinilor împotriva perturbațiilor din rețele.

Studiile referitoare la folosirea generatoarelor supraconductoare au fost încetinite, în schimb a crescut interesul pentru turboalternatoarele răcite cu aer pentru gama de puteri în jurul a 200 MVA.

2. În domeniul transformatoarelor crește puterea unitară pe coloană. În condițiile unei exigențe sporite pentru răcire de mare interes pentru circulația forțată și dirijată a uleiului, continuă cercetările pentru obținerea unei imagini termice cît mai complete pentru cunoașterea gradienților de temperatură și a punctelor calde. O problemă specială apare în cazul regimului de suprasarcină, situație în care creșterea fluxurilor de scăpări poate provoca încălziri locale neprevăzute. Temperaturi superioare valorii de 200°C conduc la formarea de bule în ulei și la calcinarea izolanților : constructorii studiază măsuri pentru ecranarea conductorilor și realizarea de șunturi magnetice pentru suportarea condițiilor de suprasarcină.

Se vor purta discuții și asupra bornelor, conexiunilor izolate și barelor de legătură, avînd în vedere că 10% din indisponibilitățile observate la transformatoare își găsesc cauzele în defecțiunile acestor elemente.

3. În legătură cu echipamentele de comutație se remarcă progresele făcute în fizica arcului de rupere și în metodele de calcul ; aceasta a permis modelarea dispozitivelor de comutație și predeterminarea teoretică a performanțelor întrerupătoarelor (ceea ce pînă în prezent nu era realizabil). De asemenea, își vor găsi locul discuții legate de întreținerea aparatajului de comutație, de strategiile urmărite de fabricant și de utilizator, de simulare a duratei de viață, de metodele de diagnostic.

4. Transportul energiei electrice la înaltă tensiune în curent continuu poate fi considerat ca fiind ajuns în stadiul de maturitate. Vor mai fi discuții în legătură cu încercările de materiale, cu modelarea rețelelor, cu experiența de exploatare.

5. În domeniul cablurilor de înaltă tensiune se va discuta în special progresul realizat la legăturile submarine. Se citează pentru prima dată la un cablu submarin o tensiune alternativă de 525 kV și o putere transportabilă de 2 × 1200MW. Se constată o creștere a utilizării cablurilor cu izolație sintetică pentru tensiuni pînă la 150—220 kV față de cablurile cu izolație în ulei. Tehnica privind cablurile cu răcire forțată se impune și pentru legături scurte, la care costul pierderilor nu este preponderent. Studiile în curs prevăd legături de 1,5 GVA la 110 kV, 5 GVA la 400 kV și chiar 10 GVA la 1100 kV pentru o distanță de 250 m. Aceste puteri acoperă necesitățile previzibile pînă la sfîrșitul secolului, ceea ce explică abandonarea cercetărilor asupra cablurilor supraconductoare.

6. Cantitatea considerabilă de informații disponibile asupra comportamentului electric și mecanic al liniilor aeriene, dezvoltarea tehnicilor de calcul și necesitatea de a ține cont de costul rezultant, ca urmare a grijii pentru protejarea mediului ambiant, au condus la un proces de optimizare complexă în studiile noilor linii de transport de înaltă tensiune. În paralel, se fac eforturi pentru proiectarea unor linii cu gabarit redus. Se stabilesc tipuri optime de stîlpi, de poziționarea fazelor, de stăpînire a supratensiunilor, permițînd reducerea distanțelor de izolație.

7. În domeniul stațiilor, tema prioritară de discuție este cea referitoare la aparatajul blindat cu SF_6. Rata de defecțiune este deocamdată importantă la scurt timp după punerea în funcțiune, dar există temeri că în viitor, odată cu creșterea numărului de ore de funcționare, va crește și numărul de defecțiuni. Se cercetează tehnici de diagnosticare, care să permită descoperirea situațiilor anormale în stadiul inițial, cu sau fără scoaterea din funcțiune, dar fără deschiderea carcaselor.

8. Tehnicile de protecție vor forma un domeniu larg de discuții, dat fiind complexitatea crescîndă a sistemelor electroenergetice. În prezent se face apel la telecomunicațiile rapide cu bandă largă, mai bine imunizate contra influențelor electromagnetice, la microinformatică ce permite inteligență descentralizată și autocontrol. Aceste tehnici sînt pe cale de a revoluționa domeniul și vor face să dispară destul de repede tehnicile tradiționale.

În special vor forma obiect de discuție :

— stategia și folosirea protecțiilor care să fie utilizate în exploatare pentru evitarea avariilor de sistem ;

— evaluarea performanțelor echipamentelor de protecție și automatizare ;

— coordonarea sistemelor de protecție care se referă la rețelele de transport și la marile centrale electrice, astfel încît să se evite atît căderea în avalanșă a sistemului, cît și solicitarea excesivă a generatoarelor.

9. În domeniul telecomunicațiilor se remarcă progrese rapide :

— rețelele de telefonie mobilă își măresc eficacitatea prin utilizarea repetoarelor sincrone și cvasinsincrone și prin accesul multiplu la mai multe canale ;

— transmisia datelor devine mai economică cu rețelele de comutare a pachetelor ;

— folosirea fibrelor optice pentru liniile de înaltă tensiune ;

— transmisia numerică a cuvintelor care va permite transmiterea simultană a cuvintelor și a datelor.

10. Planificarea sistemelor electroenergetice devine din ce în ce mai dependentă de aspectele mai largi ale necesarului global de energie primară. Se va discuta rolul jucat de posibilitățile de transport al energiei electrice ca element favorizant pentru utilizarea diversificată a surselor de energie primară. De asemenea, se vor discuta mijloacele optime pentru satisfacerea restricțiilor sociale, economice și ecologice în dezvoltarea sistemelor electroenergetice.

11. Creșterea consumului de energie care este încetinită în țările industrializate are un ritm mai alert în țările în curs de dezvoltare. Deoarece aceste țări posedă importante resurse hidraulice, această creștere este puțin afectată de variațiile de costuri ale combustibilului fosil. Ca urmare, interesul pentru tensiuni ultraînalte s-a micșorat temporar în țările industrializate, în timp ce acesta este în creștere în țările cu hidraulicitate puternică. Evident, deoarece experiența și instalațiile de încercare se găsesc în țările din prima categorie, apare pregnant necesitatea cooperării internaționale.

12. În sfîrșit, în paralel cu dezvoltarea spectaculoasă a sistemelor de protecție și telecomunicații, specialiștii sînt foarte preocupați de comportarea rețelelor de transport în regim de alarmă și în regim critic. Planurile de prevenire a incidentelor, scenariile de revenire la situații normale, instrumentele, calculatoarele și aparatajul necesar pentru asigurarea luării unei decizii operative vor fi în centrul dezbaterilor.

e.p.

Cronică

A IV-a consfătuire anuală privind stocarea energiei termice

În ziua de 21 februarie 1984 a avut loc la ICEMENERG — București a IV-a consfătuire anuală privind stocarea energiei termice, organizată de către Colectivul de acumulare a căldurii din Laboratorul de Tehnologii de Conversie pentru Surse Noi.

Au luat parte specialiști din diferite institute de cercetare, proiectare și învățămînt, care au preocupări în acest domeniu.

Reuniunea a fost prezidată de dr. ing. Călin Mihăileanu, directorul general al Institutului Central de Cercetări Energetice. În cuvîntul de deschidere, a evidențiat importanța problemei și a subliniat atenția deosebită care i se acordă în țara noastră și peste hotare, reuniunea fiind consacrată examinării problemelor pe care le ridică realizarea sistemelor de acumulare a căldurii destinate instalațiilor tehnologice, de încălzire și de preparare a apei calde. A invitat participanții la consfătuire să prezinte scurte comunicări cu privire la rezultatele obținute în cercetările efectuate în anul 1983, precum și asupra programelor de viitor. Mulțumind participanților, a arătat în încheiere că diversitatea unităților reprezentate la consfătuire reflectă interesul lărgit pentru problemele stocării energiei termice.

Luările de cuvînt ale specialiștilor, au scos în evidență cîteva aspecte ale problemei care justifică interesul și necesitatea aprofundării în continuare a lucrărilor. Astfel :

1. Cercetările efectuate de ICEMENERG (prezentate la consfătuirea precedentă) pentru acumularea căldurii prin intermediul sărurilor topite, ca echipament aferent centralei solare cu ciclu termodinamic de înaltă temperatură, se materializează prin întocmirea de către Institutul de Studii și Proiectări Energetice (ISPE) a proiectului de execuție (ing. Alexandru Mihăilă — ICEMENERG).

2. Utilizarea acumulării termice cu ciclu diurn în sistemele de termoficare are efecte economice favorabile care se reflectă în reducerea consumurilor tehnologice, micșorarea investițiilor (micșorarea diametrelor conductelor magistrale de transport, reducerea dimensiunilor schimbătoarelor de căldură etc.). La sistemele de termoficare existente se poate obține o creștere a capacității de transport, o reducere a puterii de vîrf cu 25% și o uniformizare a funcționării instalațiilor (ing. A. Mihăilă — ICEMENERG).

3. Implementarea instalațiilor de acumulare în sistemele de termoficare, concomitent cu stocarea căldurii în rețea prin creșterea temperaturii de transport, dă posibilitatea majorării la circa 100 km a distanțelor de transport al căldurii. Această concluzie, deosebit de importantă favorizează integrarea CNE în sistemele de termoficare (ing. Al Mihăilă — ICEMENERG, ing. Mircea Voinea — ISPE).

4. Sînt în curs cercetări pentru stocarea de lungă durată a căldurii și hidrogenului cu realizarea unor pompe termice chimice cu hidruri metalice și hidrogen. În acest scop există un procedeu brevetat. Sînt perspective ca prin acest procedeu să se realizeze transportul căldurii la distanță mare cu ajutorul hidrogenului în stare naturală sau sub formă de hidruri (ing. Al. Mihăilă — ICEMENERG, ing. Vasile Mecea — ITIM-Cluj-Napoca).

5. Problema lacurilor helioterme naturale sau artificiale este în curs de cercetare în alte țări. Primul lac de acest gen a fost experimentat în Israel în 1959, fiind utilizat pentru producerea de energie electrică, cu un lac avînd suprafața de 7500 m^2 s-a alimentat un grup turbogenerator de 150 kW. Există proiecte pentru folosirea în acest scop a Mării Moarte. Preocupări asemănătoare sînt în R. F. G. (cu speranța economisirii pe această cale în viitor a circa 50 milioane tone păcură anual), în Anglia (dr. ing. Constantin Staicu ICEMENERG). În România, Institutul de Geografie a început să culeagă informații asupra lacurilor helioterme naturale (dr. doc. Petre Gîștescu — IG).

Apare necesară o amorsare a cercetărilor în acest domeniu şi întocmirea unui program de lucru coordonator.

6. O problemă tehnică economică actuală este aceea a îmbunătăţirii izolaţiei termice a construcţiilor, în paralel cu stocarea căldurii (dr. ing. Liviu Dumitrescu — ICCPDC, ing. Ţuţuianu Ovidiu — M. E. E.).

Utilizarea termografiei în infraroşu apare ca o metodă modernă şi eficace pentru stabilirea măsurilor de optimizare a izolaţiei (prof. dr. ing. N. Leonăchescu — I. C. B.).

7. Stocarea termică în rezervoare de beton este o problemă actuală, iar cercetările se fac la I. P. C. T. Se tratează capacităţi de 2500, 5 000, 10 000 şi 20 000 m^3 în rezervoare cilindrice cu raportul $L/D = 0{,}2 \div 0{,}3$ (înălţimea maximă a rezervoarelor fiind de 10 m). Aceste rezervoare vor fi termoizolate la fund şi lateral. Se mai cercetează şi folosirea unor bazine cu capacităţi de 10 000, 20 000 şi 50 000 m^3, avantajul fiind cel al costurilor mult mai reduse. Sursa de căldură va fi cea solară sau cea reziduală recuperată. S-a calculat durata de recuperare a investiţiilor care este de 14—18 ani în cazul stocării energiei solare şi 4—5 ani în cazul stocării energiei reziduale. S-a studiat şi schimbul de căldură între rezervor şi mediul ambiant. Comportarea la cald a betonului rămîne o problemă deschisă de cercetare (ing. Berbecaru Dan — IPCT).

Forma rezervoarelor rezultă dintr-un calcul de optimizare. Formele sferică, cilindrică sau cubică sînt cele mai economice (prof. dr. ing. N. Leonăchescu — ICB).

8. Stocarea căldurii în sol, realizată cu sonde verticale sau serpentine orizontale, apare ca o altă variantă abordabilă în ţara noastră. (ing. R. Cristea — ICH).

9. Trecerea la aplicaţii în practică este condiţionată de finalizarea cercetărilor şi predarea soluţiilor la proiectanţi, care, în cadrul măsurilor generale de economisire a hidrocarburilor de reducere a consumurilor specifice, de îmbunătăţire a reglajului în sistemele de termoficare trebuie să aleagă varianta optimă din punct de vedere tehnic şi economic (ing. D. Renţea — ISPE, ing. Ion Ionescu — ISPE, ing. M. Voinea — ISPE).

În încheierea lucrărilor, ing. Al. Mihăilă a evidenţiat utilitatea reuniunii pentru rezolvarea schimbului de experienţă şi posibilitatea corelării activităţii de cercetare în acest domeniu în viitor.

Dr. ing. C. Staicu, ing. Al. Mihăilă
ICEMENERG

Recenzie

CRAWORD F. S. — **Cursul de fizică, Berkeley**, volumul „**Unde**", 573 pag. Editura Didactică şi Pedagogică Bucureşti (Frank S. Craword, jr.,, profesor of physics. University California, Berkeley Physics Course Volume 3 „Waves').'

In continuarea apariţiei primelor două volume ale Cursului de fizică, Berkeley, Mecanică (Kittel, Knight, Ruderman) Electricitate şi magnetism (Purcell), editarea volumului 3, denumit concis „Unde", este de fapt consemnarea a ceea ce a însemnat în fizică „teoria ondulatorie". Ca şi precedentele două volume, ediţia românească a volumului trei se deschide cu prefaţa profesorului academician Ion Ursu.

Expunerea tematicii volumului este organizată pe nouă capitole şi o adendă de teme suplimentare şi anexe, după care urmează: Capitolul 1, „Oscilaţii libere ale sistemelor simple" în care se tratează oscilaţiile libere ale sistemelor cu un grad de libertate, linearitatea şi principiul superpoziţiei, oscilaţii libere ale sistemelor cu două grade de libertate şi bătăi. La fel ca şi celelalte capitole, pentru o demonstraţie intuitivă a faptelor fizice tratate, capitolul cuprinde un subcapitol final de probleme cu exemple numerice şi aşa-zise experienţe pentru acasă, care pot fi abordate şi realizate cu o dotare de laborator. Capitolul 2 „Oscilaţii libere ale sistemelor cu multe grade de libertate", care include :modurile transversale ale unei coarde cu distribuţie continuă de masă, mişcarea generală a unei coarde ca distribuţie continuă de masă şi analiza Fourier şi modurile unui sistem discontinuu cu N grade de libertate. Capitolul 3, „Oscilaţii forţate". Se referă la oscilaţii armonice unidimensionale forţate cu amortizare, rezonanţele unui sistem cu două grade de filtre şi oscilaţii forţate ale unui sistem închis cu multe grade de libertate. Capitolul 4 „Unde progresive" tratează unde armonice progresive unidimensionale şi viteze de fază, indice de refracţie şi dispersie. Ultima parte a capitolului abordează impedanţa şi fluxul de energie. În capitolul 5 „Reflexia" se examinează terminaţia ideală nereflectată, reflexia şi transmisia, adaptarea impedanţelor în cazul a două medii transparente şi reflexia pe straturi subţiri. Capitolul 6 „Modulaţii, pulsuri şi pachete de unde" este destinat tratării vitezei de grup, pulsurilor, analizei Fourier a pulsurilor şi analizei Fourier a pachetului de unde progresive. Capitolul 7, „Unde în două şi trei dimensiuni" este consacrat undelor plane armonice şi vectorului de propagare, undelor de apă, undelor electromagnetice şi radiaţiei unui purtător punctiform de sarcină. Capitolul 8 „Polarizarea" are în vedere descrierea stării de polarizare, producerea undelor polarizate transversal, dubla refracţie şi lărgimea de bandă, timpul de coerenţă şi polarizarea. Capitolul 9 „Interferenţa şi difracţia" dezbate aspecte privind interferenţa undelor provenite de la două surse punctiforme coerente, interferenţa undelor provenite de la două surse independente, cît de „mare" poate fi o sursă punctiformă de lumină, lărgimea unghiulară a unui fascicul de unde progresive, difracţia şi principiul lui Huygens şi opica geometrică.

Lectura succesivă a volumelor cursului de fizică Berkely, deşi elaborate de autori diferiţi, specializaţi în domenii diferite din fizică, dă în ansamblu impresia unei lucrări unitare atît sub raportul organizării de structură, cît şi sub raportul nivelului de abordare ştiinţifică.

★

WICHMANN, E. H. — **Cursul de fizică Berkeley**, volumul 4 „**Fizică cuantică**", 434 pag. Editura didactică şi pedagogică Bucureşti, 1983 (Eyvind H. Wichmeann, profesor of physics, University of California, Brekeley; Berkeley Physics Course — Volumul 4 — „Quantum Physiscs").

După cum se precizează încă de la începutul lucrării, domeniul fizicii cuantice circumscrie studiul fizicii atomilor, nucleelor şi particulelor elementare, partea cea mai prodigioasă a cuceririlor cunoaşterii umane.

Primele trei volume ale Cursului de Fizică Berkeley „Mecanice" „Electricitate şi magnetism" şi „Unde" au fost consacrate descrierii fenomenelor la nivelul observării şi descrierii realităţii macroscopice, iar legile enunţate alcătuiesc ansamblul legilor fizicii clasice, care examinează doar unele proprietăţi ale comportării sistemului lumii materiale. Astfel s-a pus problema de a integra în relaţii fizico-matematice mişcarea unui „corp rigid" privit ca un întreg, fără

a avea în vedere mișcarea tuturor constituenților elementari ai corpului, ignorînd astfel proprietățile mai complexe și de amănunt ale sistemului pe care de fapt îl constituie „corpul rigid".

Volumul 4 al Cursului de Fizică Berkeley, Fizica Cuantică, își are dezvoltată expunerea în nouă capitole și un grup de anexe după cum urmează:

Capitolul 1, Introducere. Se tratează: domeniul fizicii cuantice, atomi și particule elementare, limitele de aplicativitate ale teoriei clasice, descoperirea constantei lui Plank, efectul fotoelectric și problema stabilității și dimensiunilor atomilor.

Ca și toate capitolele care îl succed, capitolul 1, are un text adițional conținînd date referitoare la bibliografie pentru studiu suplimentar, precum și enunțul unui grup de probleme propuse cu scopul de a recapitula și a da posibilitatea cititorului să-și verifice înțelegerea elementelor de informație cuprinse în expunerea parcursă.

Capitolul 2 „Valorile mărimilor fizice care intervin în fizica cuantică". Se tratează date referitoare la unități de măsură și constante fizice, energie, valorile caracteristice fizicii atomice și moleculare, fenomenele fundamentale ale fizicii nucleare, forțe gravitaționale și electromagnetice, cu privire la evaluările numerice și un studiu pentru avansați: constantele fundamentale ale naturii.

Capitolul 3 „Niveluri de energie". Se abordează diagramele nivelurilor de energie, lărgimea finită a nivelurilor de energie, comentarii suplimentare asupra nivelurilor și diagramelor nivelurilor de energie, lărgirea Doppler și lărgirea prin ciocniri a liniilor spectrale și un studiu pentru avansați asupra tranzițiilor electromagnetice.

Capitolul 4, „Fotonii". Se aduc în atenția cititorului date referitoare la foton ca particulă, efectul Compton, radiația de frînare, crearea și anihilarea de perechi și încercarea de răspuns la întrebarea, dacă poate fi „despicat" fotonul.

Capitolul 5 „Particule materiale". Se fac investigații referitoare la unde de Broglie, teoria difracției pe o structură periodică, încercarea de răspuns la întrebarea dacă există numai o singură constantă a lui Planck, de asemenea, încercarea de răspuns la întrebarea, dacă pot fi „despicate" un de Broglie, ecuația de undă și principiul superpoziției ca asupra unui studiu pentru avansați: spațiul vectorial stărilor fizice.

Capitolul 6 „Principiul de incertitudine și teoria măs rilor". Se aprofundează relațiile de incertitudine ale Heisenberg, măsurări și colective statice, amplitudini intensități, răspunsul posibil la întrebarea dacă poate prevăzut, în principiu, rezultatul fiecărei măsurători în încheiere problema luminii polarizate și nepolarizat

Capitolul 7 „Mecanica ondulatorie a lui Schrodinger într-o viziune specifică contextului, se prezintă ecuaț de undă nerelativă a lui Schrodinger, unele probleme simp de „barieră", teoria emisiei radiației alfa și ca studiu pent avansați: normarea funcției de undă.

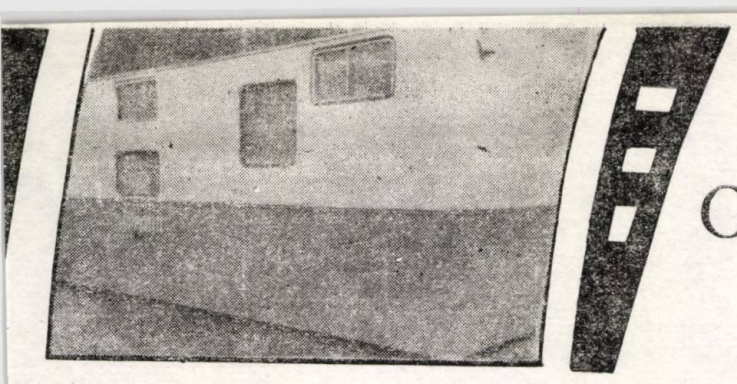
Capitolul 8 „Teoria stărilor staționare". Se prezin cuantificarea ca o problemă cu valori proprii, oscilator armonic, mișcarea de vibrație și de rotație a moleculel atomi hidrogenoizi și ca un studiu pentru avansați: vari bilele, poziție și impuls în teoria Schrodinger.

Capitolul 9 „Particule elementare și interacțiile lor Acest capitol încheie în fapt ansamblul în care se integrea volumul, prin temele: procese de ciocnire și descrierea ond latorie, ce se înțelege printr-o particulă, ideile fundamenta ale teoriei cuantice a cîmpului și pionii și forțele nuclea Tot în același capitol sînt date, cu caracter de sinteză pent întregul volum, observații de încheiere.

Privim astăzi vechile modele atomice, cum ar fi acel a lui Ernest Rutherford sau Niels Heinrick David Bo ca elemente din istoria fizicii atomice și cuantice, dar nu uităm că de la aceste modele și ipoteze în fizica moder s-a început ofensiva pentru realizarea a ceea ce avem prezent și mai ales spre apropiata rezolvare a fuziunii nuc are, mult așteptata soluție a reacției termonucleare dirija și a transferului în energie utilă cu mare eficiență, pe ca o implică.

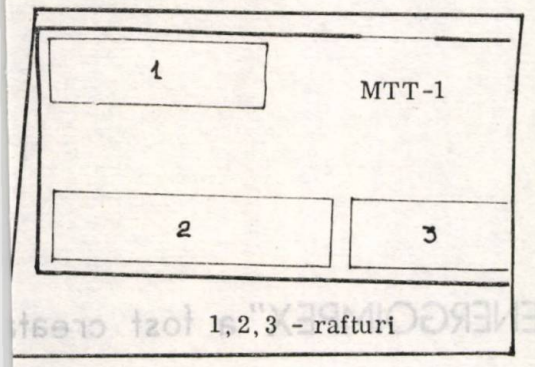
Ing. Alexandru Forje — *ICEMENERG*

Ing. Tiberiu Cîrstea — ICIM

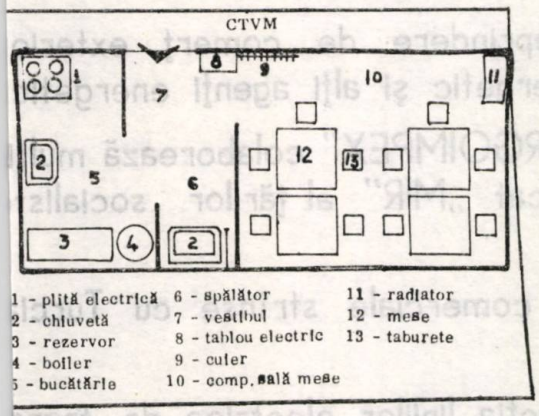


CIRE-URTAE-ROMAN

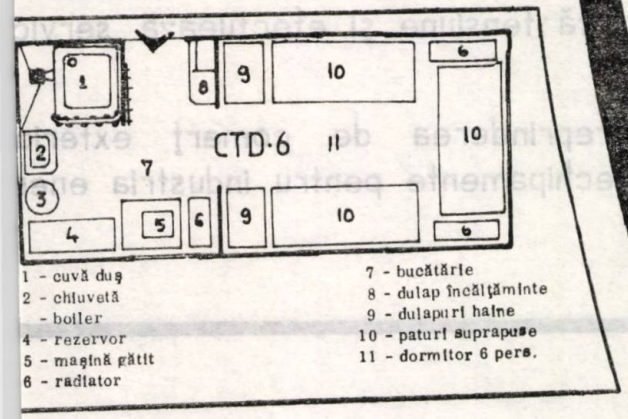
UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN



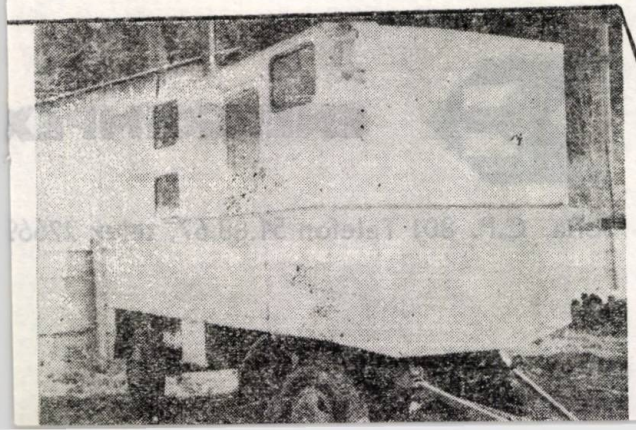
1, 2, 3 - rafturi



1 - plită electrică
2 - chiuvetă
3 - rezervor
4 - boiler
5 - bucătărie
6 - spălător
7 - vestibul
8 - tablou electric
9 - cuier
10 - comp. sală mese
11 - radiator
12 - mese
13 - taburete



1 - cuvă duș
2 - chiuvetă
- boiler
4 - rezervor
5 - mașină gătit
6 - radiator
7 - bucătărie
8 - dulap încălțăminte
9 - dulapuri haine
10 - paturi suprapuse
11 - dormitor 6 pers.



Execută :

- Magazii transcontainer transportabile tip MTT-1 destinate păstrării materialelor şi pieselor necesare desfăşurării unor lucrări în locuri şi pe trasee izolate de aşezările omeneşti.
- Căsuţe transcontainer dormitor de şase persoane tip CTD-6 ; căsuţe transcontainer vestiar-sală de mese tip CTVM, înzestrate cu instalaţii de alimentare cu apă potabilă şi de încălzire a apei potabile şi a spaţiului utilizabil, cu instalaţii de ventilaţie naturală şi de iluminat la 12 V şi de forţă la 220 V.

x

x x

Căsuţele transcontainer tip CTD-6, CTVM şi MTT-1 se manipulează cu automacaraua sau alt mijloc de ridicat şi sînt transportabile pe platforma mijloacelor de transport rutiere, a vagoanelor CFR sau pe nave fluviale şi maritime.

x

x x

Comenzile se trimit pe adresa :

Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de ţevi nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ. Telex 21244 ; tel. 12539, 12350, 13935.

ÎNTREPRINDEREA DE COMERŢ EXTERIOR

ENERGOIMPEX

Întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" a fost creată în anul 1977.

„ENERGOIMPEX" este singura întreprindere de comerţ exterior din R.P.Bulgaria, care importă cărbune energetic şi alţi agenţi energetici.

În domeniul energiei electrice „ENERGOIMPEX" colaborează multilateral în cadrul sistemului energetic unificat „MIR" al ţărilor socialiste membre CAER.

„ENERGOIMPEX" întreţine legături comerciale strînse cu Turcia, Grecia şi R.S.F. Iugoslavia.

„ENERGOIMPEX" realizează construcţia liniilor electrice de transport, a staţiilor de joasă, medie şi înaltă tensiune şi efectuează servicii consulting în Libia, Angola, Siria etc.

În calitate de comisionar, Întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" importă instalaţii şi echipamente pentru industria energetică bulgară.

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT

ENERGOIMPEX

Sofia, C.P. 801 Telefon 51.88.67, telex 22669

Fabrica de produse ceramice URZICENI

Str. Vînători, nr. 1, jud. Ialomiţa, tel. 919/50690, 50695, telex : ceram 82 113

Produce elemente rigide din poliester armat cu fibre de sticlă (PAS) pentru umplutura turnurilor de răcire

- Elementele rigide din poliester armat cu fibre de sticlă (PAS), sub formă de rulouri, servesc la turnurile de răcire din centralele termoelectrice sau nuclearoelectrice, precum şi pentru turnurile de răcire ale industriei chimice, metalurgice etc. ;

- Intreprinderea de produse ceramice-URZICENI poate să livreze tuturor unităţilor interesate, pe bază de comenzi ferme, orice cantitate de rulouri PAS ;

Faţă de varianta de umpluturi de răcire constituite din rulouri din polietilenă pe spirală metalică (brevet RSR nr. 66821), rulourile din PAS au între altele următoarele avantaje :

se exclude utilizarea spiralei metalice (economie de circa 100 t sîrmă galvanizată Ø 3 mm pentru un turn de răcire avînd suprafaţa de răcire de peste 5000 m^2) ;

se creează condiţii favorabile pentru confecţia de pachete rigide cu efecte asupra productivităţii muncii la montaj (care creşte cu circa 10 %) ;

. scade greutatea umpluturii de răcire cu circa 20 % ;

. se poate obţine o reducere a riscului de incendiu în proporţie sporită prin utilizarea de răşini poliesterice corespunzătoare.

x

x x

- Comenzile se primesc la sediul fabricii, pe adresa din antet, livrările făcîndu-se cu operativitate.

- Adresaţi-vă cu încredere întreprinderii de produse ceramice-URZICENI pentru modernizarea turnurilor de răcire cu rulouri PAS !.

1984 DEC B1

ENERGOREPARAȚII

B-dul Mărăşeşti nr. 2, sectorul 5, Bucureşti.
Telefon: 23.26.40. Telex: 011635. - Cod poştal 774170.

EXECUTA

INTREPRINDEREA "ENERGOREPARATII"

Produce piese de schimb pentru : turbine cu abur ; turbine hidraulice ; cazane de abur ; staţii de aer comprimat ; pompe centrifuge ; ventilatoare de aer şi gaze ; instalaţii pentru pregătirea combustibilului şi execută şi lucrări de recondiţionare a acestora.

Execută lucrări de reparaţii la : turbine, generatoare şi motoare electrice.

Execută produse de mecanizare a lucrărilor de construcţii, montaj şi reparaţii din centralele electrice, staţiile de transformare şi reţele electrice; aceste produse fiind utilizate şi în alte ramuri ale economiei naţionale, în scopul măririi productivităţii muncii şi îmbunătăţirii calităţii lucrărilor.

MW

7

Energia
REFERALVA
Victor

energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREȘTI
IULIE 1984

0 6 12 18 24

ICSITEE

INSTITUTUL DE CERCETARE STIINTIFICA SI INGINERIE TEHNOLOGICA PENTRU ECHIPAMENTE ENERGETICE

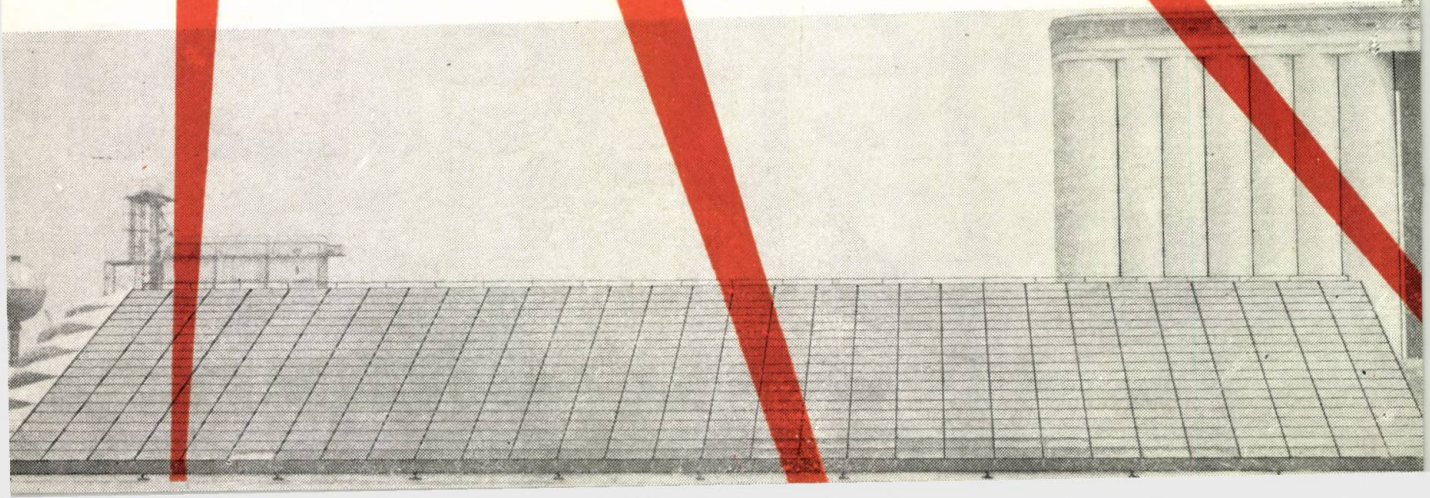
Sos. Berceni nr. 104 Sector 4 Bucureşti P.O.B. 1619 Tel. 83. 20. 70, sector cercetare 204240

Within the thermotechnical activity different technical solutions concerning the solar energy conversion and use in the technical processes are developed with thermal agents with temperatures up to 60°C.

The thermal agent can be :
- water ;
- air ;
- special fluids ;
- technological fluid.

In collaboration with Research and Design Institutes develops technical solutions for the use of solar energy in technological processes wich impose temperatures between 60-100°C through the technology adaptation with or without the equipment removal.

Solar energy saves :
- 80 t.c.c./1,000 m^2 year or ;
- 480 t coal (with P=1,600 kcal/kg 1,000 m^2 year);
- fuel transport ;
- fuel management ;
- ash removal and transport (in the case of coal).



ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL ONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 32 **7** IULIE 1984

COLEGIUL DE REDACŢIE

iroul de redacţie

r. ing. **Călin Mihăileanu**
(redactor responsabil)
r. ing. **Nicolae Armencoiu**
(redactor responsabil adjunct)
r. ing. **Gheorghe Bălan**
(redactor responsabil adjunct)
r. ing. **Eugeniu Pavel**
(secretar de redacţie)

embri

g. **Paul Cartianu**
r. ing. **Jean Constantinescu**
r. ing. **Mario Duma**
. ing. **Alexandru Florescu**
g. **Horia Furtunescu**
g. **Nicolae Georgian**
g. **Dan Iosifescu**
. ing. **Gheorghe Luca**
. ing. **George Manolescu**
. chim. **Maria Maftei**
g. **Ion Măiereanu**
g. **Nicolae Niculescu**
g. **Mihai Nistor**
. ing. **Teodor Popa**
g. **Miron Popescu**
ing. **Victor Romert**
g. **Romulus Sfichi**
Gheorghe Ursache
g. **Romeo Zbarcea**

rista „Energetica" este publicaţie ară devotată preocupărilor spirituale ealizărilor materiale în domeniul ener- cli

acţia şi administraţia: ureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8, or 3, Telefon: 20 67 30, 21 46 30

2329

I. P. „INFORMAŢIA" str. Brezoianu nr. 23—25, sector 1

12

Cuprinsul

Oamenii de ştiinţă şi pacea 293—295

ARTICOLE

Mircea Cârdu: **Caracteristicile unor turbine cu abur reprezentative construite în România** 295—301

Maria Maftei, Valentina Bălan: **Aplicarea de tehnologii pentru îmbogăţirea lignitului şi a şisturilor bituminoase** 301—304

Liviu Lup: **Dezvoltarea şi funcţionarea ansamblului centralelor electrice** 305—311

Ştefan Kilyeni: **Implementarea sistemului de reglare automată a excitaţiei (SRAE) aferent generatoarelor din centrala Porţile de Fier 1, în programul de calcul pentru analiza regimurilor dinamice ale sistemelor electroenergetice (SEE). Partea I. Modelul matematic al SRAE încadrat în modelul generatorului** 312—319

Alexandru Mihăilă, Constantin I. Bilegan, Adriana Predica: **Rezultate experimentale obţinute la stocarea căldurii şi hidrogenului cu ajutorul hidrurilor de fier-titan** (cu prezentare în limba engleză) 319—324

Mihai Chirica, Elena Chirica: **Unele aspecte privind regimul chimic al cazanului tip C_2 de 120 t/h şi 100 daN/cm²** 324—327

Romulus Sfichi: **Asupra unor aspecte privind siguranţa în funcţionarea microhidrocentralelor după principiul „tot sau nimic"** (cu prezentare în limba engleză) 327—332

INVENŢII—INOVAŢII

Emil Băsu: **Consideraţii privind preocupările IRE Suceava, în elaborarea de soluţii economice pentru racordarea la sistem a microagregatelor** 333—334

NOUTĂŢI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 335—336

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomîrleanu**
dr. ing **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Ruginâ**
ing. **I. Turcu**

În revista „Energetica" se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

Vasile Pleşca — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25, c. 2272

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

Readers from abroad can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă P.O. Box 12-201, telex 10376 prsfir. Bucureşti, Calea Griviţei nr. 64—66.

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTI KÖNYVTÁR 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ёные и мир 293—295

ирчя Кырду: Характеристики некоторых построенных Румынии паровых турбин 295—301

ария Мафтей, Валентина Бэлан: Применение техно-гий для обогащения лигнита и битуминозных слан-в 301—304

ивиу Луп: Развитие и действие узла электрических анций 305—311

тефан Килиени: Внедрение Системы Автоматического гулирования Возбуждения (САРВ) для генераторов анции ЖЕЛЕЗНЫЕ ВОРОТА I в расчётную про-амму по анализу динамических режимов электро-ергетических систем (ЭЭС). Часть I. Математическая дель САРВ, включённая в модель генератора 312—319

ександру Михеилэ, Константин И. Билеган, Адриана едика: Экспериментальные результаты, полученные и хранении тепла и вогорода с помощью гидрюров леза-титана (с изложением на английском языке) 319—324

хай Кирика, Елена Кирика: Некоторые вопросы по ическому режиму котла типа C_2, 120 т/час и дан/см² 324—327

мулус Сфики: Некоторые соображения по вопросу ёжности работы микроГЭС по принципу макси-льно-рентабельного действия (с изложением на лийском языке) 327—332

ОБРЕТЕНИЯ — НОВАТОРСТВА

л Бэсу: Соображения по вопросу забот ИРЕ Су-а, связанных с выработкой экономических решений оединению в единую систему микроагрегатов 333—334

УЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОСТИ 335—336

INHALTSVERZEICHNIS

Wissenschaftler und der Frieden 293—295

ea Cârdu: Die Merkmale einiger repräsentativer in Rumä-en gebauter Dampfturbinen 295—301

ia Maftei, Valentina Bălan: Die Anwendung von Techno-gien zur Anreicherung des Lignits und der bituminösen hiefer 301—304

Lup: Die Entwicklung und der Betrieb der elektrischen aftwerke 305—311

n Kilyeni: Die Einführung des automatischen Erregungs-elungssystems (SRAE) der Generatoren des Kraftwerkes ernes Tor I, in dem Berechnungsprogramm für die Ana-der dynamischen Regime der Elektroenergiesysteme E). Teil I: Das in dem Generatormodell einbezogene hematische Modell des SRAE 312—319

Alexandru Mihăilă, Constantin Bilegan, Adriana Predica: Versuchsergebnisse bei der Lagerung der Wärme und des Wasserstoffes in Eisen-Titan Hydrid (mit einer kurzfassung in Englisch) 319—324

Mihai Chirica, Elena Chirica: Einige Aspekte der chemischen Fahrweise des Kessels vom Type C_2 von 120 t/h und 100 daN/cm² 324—327

Romulus Sfichi: Über einige Aspekte der Betriebssicherheit der Mikrowasserkraftwerke nach dem Prinzip „Alles oder nichts" (mit einer kurzfassung in Englisch) 327—332

ERFINDUNGEN-ERNEURUNGEN

Emil Băsu: Betrachtungen über die Tätigkeit im Netzbetrieb Suceava zur Ausarbeitung wirtschaftlicher Lösungen für den Anschluss der Mikrohydroaggregaten aus dem System 333—334

TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE NEUIGKEITEN 335—336

SOMMAIRE

Les hommes de science et la paix 293—295

Mircea Cârdu: Caractéristiques de quelques turbines à vapeur représentatives construites en Roumanie 295—301

Maria Maftei, Valentina Bălan: Application de quelques technologies pour l'enrichissement du lignite et des schistes bitumineux 301—304

Liviu Lup: Développement et fonctionnement de l'ensemble des centrales électriques 305—311

Ştefan Kilyeni: Implantation du système de réglage automatique de l'excitation (SRAE) afférent aux générateurs de la centrale Porţile de Fier I dans le programme de calcul pour l'analyse des régimes dynamiques des systèmes électro-énergétiques (SEE). Partie I. Le modèle mathématique du SRAE intégré dans le modèle du générateur 312—319

Alexandru Mihăilă, Constantin Bilegan, Adriana Predica: Résultats expérimentaux obtenus au stockage de la chaleur et du hydrogène à l'aide des hydrures fer-titane (à présentation en anglais) 319—324

Mihai Chirica, Elena Chirica: Quelques aspects concernant le régime chimique de la chaudière de type C_2 de 120 t/h et 100 daN/cm² 324—327

Romulus Sfichi: Sur quelques aspects concernant la sécurité de fonctionnement des microcentrales hydrauliques selon le principe „tout ou rien" (à présentation en anglais) 327—332

INVENTIONS-INNOVATIONS

Emil Băsu: Considérations sur les préoccupations de l'Entreprise des Réseaux Electriques de Suceava dans l'élaboration des solutions économiques pour le raccordement au système des microhydroagrégats 333—334

NOUVEAUTES TECHNICO-SCIENTIFIQUES 335—336

SUMMARIES

Scientists and Peace 293—295

DC 621. 165. 002. 2 (R)

Mircea Cârdu : **Characteristics of Representative Romanian Built Steam Turbines**

The paper presents the main operational and construction characteristics of some steam turbines of the typified series of 2.5 MW to 12 MW, as well as of some turbines from heat recovery installations designed and built at present in our country.

There are described four types which have not been described up to now in literature and which are considered as representative from the point of view of the widely used construction solutions for steam turbine building in Romania.

Energetica 32 (1984), nr. 7, p. 295—301

DC 662. 662. 67

Maria Maftei, Valentina Bălan: **The Applying of Technologies for Enriching Lignite and Oil Shales**

Within the concerns and researches carried out so far regarding the enrichment of lignite there have been carried out tests on jet washing and hydrocyclone installations for lignite crushed to 0—30 mm from the storage of the thermal power plant Rovinari.

The enriching of oil shales has been achieved using a different technology, depending on its granulometric classes dimensions. i. e. :

— selective mechanic picking and partial autogenuous crushing of the shale with a granulation of 0.700 mm in a rotating sieve and

— enrichment of the granulometric class 20—100 (50) mm

The results obtained confirm the possibility of washing and enriching the Romanian coal-oil shale from the Anina Basin.

Energetica 32 (1984), nr. 7, *p.* 301—304

DC 621.31 1.004.1

Liviu Lup : **Development and Operation of the Electric Power Plants Assembly**

In this paper the main elements which determine the necessary installed power level in electric power systems and the introducing of the plants in the system load curves are presented.

The system's installed power must cover the system load, the planned export-import balance and the power decreases at the electric equipment and power plants.

The reserves necessar to cover power reductions and the influence of interconnection are important elements for the necessary value level of the installed power and for the reliability degree of consumers supply continuity.

Energetcia 32 (1984), *nr.* 7, *p.* 305—311

DC 621.31 :62. 13.131 12

Ştefan Kilyeni : **The Automatic Excitation Control System (SRAE). Implementation of the Iron Gates I, in the Computation Program for the Complex Electric Power Systems Dynamic Regimes Analysis. Part I : The Mathematic Model of SRAE Included in the Generator Model**

Modelling of automatic control system of asynchronous generators is an important component of the analysis programs of complex electric power systems dynamic behaviour, mainly when the automatic control system parameters optimization is the main object of study. The paper refers to the automatic excitation control system of an intensive type, which the synchronous generators of the Iron Gates I plant are equipped with.

In the first part of the paper, the manner is presented in which the automatic excitation control system model has been included in the generator model. Interface problems between the two models are discussed. Finally, a model of the 28-th order results for the synchronous generator together with its control systems.

Energetica 32 (1984), *nr.* 7, *p.* 312—319

DC 66.012 + 546.11.00.4.4

Alexandru Mihăilă, Constantin I. Bilegan, Adriana Predica **Experimental Results Obtained with Heat and Hydrogen Storage by Means of Iron-Titan Hydrides** (with a short presentation în Englisch)

The paper presents some experimental results obtained with heat and hydrogen storage by means of iron-titan hydrides. Thus, the specific heat and hydrogen storage capacity of the mentioned hydrides was studied in different conditions. On a laboratory installation containing iron-titan hydrides the total storage capacity for thermal energy and hydrogen, the actual storage speed and the heat and hydrogen recovery speed were measured. The conversion possibility of a part of the stored thermal energy into mechanical energy was tested, achieving the compression of the hydrogen used in the installation.

Energetica 32 (1984), nr. 7, p. 319—324

DC 621. 311 18

Mihai Chirica, Elena Chirica : **Some Aspects of the Chemical Regime of the Boiler Type C_2 of 120 t/h and 100 daN/cm²**

The results of the thermal chemical tests at the boiler type C_2 of 120 t/h and 100 da N/cm² are presented as well as the boiler behaviour in normal regime.

Following aspects of the chemical regime are outlined :

— the saturated steam is impurified at lower values of the chemical indices of the boiler's saline stage, than the one guaranteed by the supplier ;

— the boiler operation, having in the saline stage water with a pH-value between 6.8 and 7.5, is not dangerous if the thermal and chemical degassing is well conducted and the water salinity is small ; the other water-steam circuit parts are protected by ammoniac supply.

Energetica 32 (1984), *nr.* 7, *p,* 324—327

DC 621. 311 21 ; 621. 3. 039. 3

Romulus Sfichi : **Upon Some Aspects Regarding Reliability of Microhydropower Plants According to the Principle „Everything or Nothing"** (with a short presentation in English)

The paper analyses the decreasing way of a number of starts-stops at a generator unit meant for equipping mic hydropower plants and which operates on the princi "everything or nothing". Considering the time curves flows characteristic for the mountain streams (brooks) start-stop cycle duration $t_c = f(T)$ is analysed, where represents the time for which the compensation basin provide the microhydropower plant operation at a rea flow without a natural flow contribution. For the decre of the start-stop number of the generator unit two import conclusions result : the flow set-up coefficient $k \in (1,2)$ the fact that microhydropower plants must be equip with at least two units. Thus, the unavoidable variat of the in flow can be better used for raising the energy amo produced in microhydropower plants.

Energetica 32 (1984), nr. 7, p. 327—332

INVENTIONS-INNOVATIONS

Emil Băsu : **Considerations about the Concerns of the Ele Network Entreprise Suceava in Elaborating Economical S tions for Connecting Microhydroaggregates to the Syste**

333—

TECHNICAL AND SCIENTIFIC NEWS 335—336

În întîmpinarea celei de a 40-a aniversări a Revoluției de Eliberare Socială și Națională Antifascistă și Antiimperialistă a României

Dacă pacea va fi salvgardată: Independența energetică a României, un obiectiv perfect realizabil în termenele și în condițiile prevăzute în documentele de partid

Independența energetică a României se înscrie în dezvoltarea socială, politică și economică a țării noastre, drept obiectivul actual de ordin prioritar, trebuind să concentreze unitar și organizat efortul întregului popor. Directivele clare prezentate în mod repetat în documentele de partid și luările de poziție eficiente și categorice ale secretarului general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, conturînd fără echivoc datele problemei, ca și precizarea soluțiilor pentru aceasta nu lasă nici un dubiu asupra acestei necesități stringente și imediate.

Conform directivelor de partid se prevăd două modalități principale în sensul propus și anume, realizarea de tehnologii noi și modernizate în procesele tehologice industriale, ca și în utilizările casnice sau de servicii și prestări către populație, concomitent cu reconsiderarea utilizărilor de materii prime, materiale și energie și mai ales recuperarea acestora din imensa resursă definită generic drept deșeuri. Energia, prezentă pretutindeni drept componenta principală înglobată în orice obiect sau acțiune, indiferent de importanța acestora, trebuie dirijată în utilizare într-un mod care să-i diminueze la maximum risipa și în același timp să-i facă posibilă recuperarea, chiar și atunci cînd la o examinare superficială ar părea dificilă sau nesemnificativă valoric.

Spectrul domeniului de gestiune și deci de gospodărire rațională și judicioasă a materiilor prime, a materialelor, a energiei înglobate în acestea, sau în purtătorii inițiali, intermediari sau finali de energie se înscrie într-o gamă cu o extindere foarte largă.

Un aspect se impune să fie explorat exhaustiv și anume uriașul patrimoniu de gîndire științifică și tehnică românească, pe care îl considerăm ca avînd un conținut de rezerve și resurse foarte amplu. Sîntem astăzi în situația de a trece în foarte multe cazuri de la faza de experiment reușit în laborator și încercări în stații pilot, la faza directă industrială. Avem un portofoliu impresionant de procedee tehnologice care au depășit faza de ipoteză, verificate temeinic, cu rezultate de excepție, în marea lor majoritate reprezentînd produse în care energia înglobată și consumul de materii prime și materiale sînt mult reduse.

Explorarea noastră ține să sublinieze și să aducă în discuție drept resurse materiale a căror risipă trebuie oprită, apa și oxigenul atmosferic. A devenit clar de mult timp că aceste două substanțe nu sînt nelimitate și că utilizarea și risipa lor nerațională nu numai că le reduce cantitativ, dar implică pe plan ecologic mutații grave, care în ansamblu produc, pentru existența umană și pentru condițiile fundamentale care o asigură, procese de transformare negative și ireversibile. La Conferința Națională de Energetică, desfășurată în intervalul 23—25 noiembrie 1983, s-a arătat că în prezent consumul anual de apă al României depășește 22 miliarde tone, cifră a cărei valoare este considerabilă. Nu se cunoaște decît aproximativ consumul de oxigen atmosferic pe plan național și mondial, dar este indiscutabil că cifra care îl reprezintă este uriașă. Ca și pentru apă, se estimează modificarea consumului de oxigen în sensul unei evoluții ascendente, dacă nu va apărea o modificare fundamentală a conceptelor de bază pentru utilizare.

Am formulat în alineatele anterioare datele de bază ale problemei energiei, materialelor și materiilor prime, triada de bază a dezvoltării economiei noastre naționale, drept condiție esențială pentru avansul pe trepte superioare de dezvoltare a civilizației țării noastre. Se impune drept o premisă esențială, că trebuie plecat de la o schimbare de fond în modul de a aborda și a căuta soluții atît pentru cazuri particulare, cît și pentru structuri organizatorice cu caracter general. Ar fi o greșeală să așteptăm implementarea în mentalitate și gîndire a unor noțiuni și concepte reformulate și renormate, elaborate din exterior, pe care să le adoptăm doar cînd, materializate, au devenit pentru noi produse de import. Esența greșelii ar consta mai ales în neutilizarea și risipa propriei noastre inteligențe și a posibilităților pe care le avem, indiscutabil, pentru a le efectua prin propria noastră activitate științifică și tehnică. Așa cum a reieșit și din documentele Congresului al XII-lea al partidului trebuie, deci, utilizată la maximum gîndirea creatoare științifică românească.

Încă mai există prejudecata că pentru revoluții mari în știință sînt necesare dotări uriașe și costisitoare și că neavîndu-le integral ar fi o utopie să încercăm schimbări de fond și avansuri substanțiale în creație. Nimic mai fals. În prezent avem dotarea necesară pentru a întreprinde cu succes o asemenea tentativă, care de altfel este ferm în curs de desfășurare.

Știm astăzi cu precizie că fluxul de energie electrică se transmite cel puțin în două moduri, prin conducția electronică în conductoare metalice și prin conducția ionică în electroliți (băi electrolitice). Orice descărcare electrică, cum este cazul sudurii cu arc electric, topirea metalelor în cuptoare cu arc electric și numeroasele procese de electroliză, inclusiv transferul inductiv sau capacitiv din procesele practicate în industria chimică sau metalurgică, se bazează pe principiul conducției ionice. Această distincție este necesar să fie făcută pentru motivul că transferul prin conducție ionică se face cu viteze mult mai mici decît transferul prin conducție electronică și implicit cu pierderi mai mari de energie. Soluția va fi, deci, realizarea unor condiții care să accelereze procesele de transfer ionic. Astfel a apărut ideea transferului prin cîmpuri electromagnetice cooperative cu parametri diferiți ; noutatea atestată prin brevete de invenție românești constă în superpoziția unor fluxuri de energie transferată din cîmpuri electromagnetice suplimentare de înaltă frecvență în înaltă tensiune. Cantitativ și valoric fluxul suplimentar de energie suprapus peste descărcarea inițială (comună) reprezintă, față de aceasta, un procent sub 10%, dar efectul superpoziției este de-a dreptul spectaculos. Pentru ilustrarea celor afirmate vom cita cazul tratamentului termochimic în băi de săruri. Prin noul procedeu consumul standard pentru o piesă etalon (sateliți din transmisia prin angrenaje cu roți dințate a tractoarelor) a scăzut de la 2,44 kWh la 0,09 kWh, productivitatea a crescut de la 3 bucăți la 35 bucăți oră, iar timpul de execuție a scăzut de la 3 ore la 9 minute (brevete de invenție, România 79474 și 79475), toate aceste îmbunătățiri făcîndu-se corelat cu rezistența creșterii la uzură care s-a dublat, deci și printr-o creștere substanțială a calității.

S-a arătat mai sus faptul că va trebui să considerăm apa și oxigenul atmosferic drept materii prime a căror utilizare trebuie dirijată în sensul opririi risipei și deteriorării acestora. În fapt, apa și oxigenul atmosferic, sînt principalii purtători intermediari de energie în cazul transferului ionic, în care energia se înglobează de multe ori intensiv prin pompări, încălziri epurări chimice, demineralizări etc. S-a demonstrat experimental același procedeu de superpoziție a fluxurilor de energie transferate de cîmpuri electromagnetice cu parametri diferiți, că, pe lîngă faptul că s-a exclus complet consumul de apă necesar spălării odată cu timpul necesar acesteia după operația de tratament termochimic în băi de săruri topite, consumul de săruri, adeseori procurate din import, s-a redus cu 90 %.

Ideile consemnate în alineatele anterioare, experimentele de laborator și materializările lor în producție și procese industriale în care au fost dezvoltate au făcut obiectul unei consfătuiri de lucru ținută la Brașov la 12 ianuarie a.c., organizată de Comitetul Județean Brașov al U.T.C. La consfătuire au participat reprezentanți ai Comitetului Central al U.T.C., Comitetului municipal București al P.C.R., Comitetului județean Brașov al P.C.R., precum și delegați cu funcții de conducere și decizie și specialiști ai marilor instituții, întreprinderi și institute de cercetare științifică și inginerie tehnologică din județul Brașov și municipiul București, cum ar fi : Întreprinderea de Unelte și Scule Brașov, Întreprinderea de Scule Rișnov, Întreprinderea de Autocamioane Brașov, Întreprinderea Electroprecizie Săcele, Universitatea din Brașov, Întreprinderea Tractorul Brașov, Întreprinderea Electrotehnica București, ICPE București, Întreprinderea 23 August București, Întreprinderea de Mașini Grele București, ICTCM București, Întreprinderea Semănătoarea București, ICEMENERG București și Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci București.

Majoritatea proceselor tehnologice industriale implică fenomene de transport de substanță, de impuls, de moment cinetic sau de energie, fiind procese ireversibile în care se generează un surplus de entropie. Cu alte cuvinte, majoritatea proceselor de interes tehnologic-practic, sînt însoțite de un consum suplimentar de energie, care se evacuează în mediul ambiant sub formă de energie degradată. Problema optimizării energetice a unor procese de interes industrial presupune găsirea acelor condiții în care cele două valori, ale exergiilor de ieșire și de intrare, să fie cît mai apropiate. Experimentele efectuate, toate constituind brevete de invenții, ale căror rezultate au făcut, de asemenea, obiectul expunerilor și discuțiilor consfătuirii, au evidențiat faptul că în procese determinate de un transport ionic, cum sînt topirea, metalizarea și sudura metalelor în arc electric și tratamentele termochimice de sulfizare și sulfocianizare în băi de săruri topite, prin tratarea transferului ionic în „electrolit" prin superpoziția peste descărcarea electrică de joasă frecvență și tensiune a unor cîmpuri electromagnetice de înaltă frecvență și tensiune, a unor vibrații mecanice sau concomitent a ambelor tipuri de cîmpuri se poate obține o reducere eficientă a consumului de energie. Este demn de remarcat faptul că din punct de vedere energetic efectul obținut prin tratarea expusă nu este cumulativ, ci se supune unor legi mult mai complexe, desigur nelineare.

Instalațiile experimentale de laborator ca și instalațiile industriale în funcțiune (cum ar fi instalația de sudare cu energie înmagazinată în condensatoare realizată pentru Întreprinderea „Laminorul" Brăila) au fost cuprinse într-un program sintetic de valorificare fie direct în producție, cum ar fi la Întreprinderea de Mașini Grele București, fie prin introducere în fabricație la Întreprinderea „Electrotehnica" București sau prin dezvoltarea cercetării la ICPE și ICTCM București.

O ultimă remarcă pentru a ilustra demonstrația pe care o încercăm, o constituie faptul că la consfătuirea de la Brașov din 12 ianuarie 1984 s-a arătat că în cazul burghielor lungi utilizate pentru găuri în blocuri motoare, piesele de acest fel, spre exemplu, importate din R. F. G. sau Japonia, sînt limitate la executarea a cel mult 24 operații de găurire, pe cînd prin noul procedeu brevetat în România pentru tratamentul de sulfocianizare, burghiele de fabricație românească se pretează în medie la 700—900 operații de găurire, ajungîndu-se, singular, și la 1700 găuriri.

Efortul pentru realizarea independenței energetice a României se materializează și în marile lucrări de investiții care duc țara pe trepte mai înalte de civilizație și care la o primă examinare n-ar implica direct aspecte energetice ; să ne referim doar la construcțiile devenite o mîndrie națională — metroul bucureștean și canalul Dunăre-Marea Neagră. Este cunoscut faptul că atît pe plan național, cît și pe plan mondial, în prezent, peste 50 % din purtătorii de energie, indiferent de natura și forma lor, sînt utilizați în transportul de persoane sau de materiale ; în consecință domeniul se pretează, prin cantitatea uriașă de energie consumată, la raționalizări și optimizări. În cazul metroului, socotind o densitate egală de pasageri pe suprafața de transport și avînd în vedere faptul că viteza de transport a metroului este de zece ori mai mare decît aceea a tramvaiului și de șase ori mai mare decît a autobuzului, rezultă un consum de energie pe pasager transportat și kilometru de 10 ori mai mic față de tramvai și de șase ori mai mic față de autobuz. Desigur, nu este de neglijat faptul că fiecare pasager al metroului își cheltuiește din timpul său de zece ori mai puțin față de tramvai și de șase ori mai puțin față de autobuz.

Cît privește transportul de pasageri și mărfuri pe noul traseu al canalului Dunăre-Marea Neagră, față de traseul natural mai lung al Dunării, consumul de energie se reduce la jumătate, fără a socoti posibilitatea de acces din Marea Neagră a vaselor maritime de mare tonaj, care altfel ar fi trebuit să fie descărcate la Constanța, iar încărcătura reîmbarcată fie pe vase fluviale, fie pe mijloacele de transport feroviar, operații care ar fi necesitat, pe lîngă timp, și un consum suplimentar de energie necesar acestor operații care astfel se exclud.

Am citat doar cîteva exemple din munca și efortul concentrat al poporului nostru care, sub conducerea și la inițiativa revoluționară a președintelui României, tovarășul Nicolae Ceaușescu, secretarul general al Partidului Comunist Român, le face pentru a întregi mai complet năzuința de independență și proprie suveranitate a țării, prin ceea ce numim și ne străduim să îndeplinim : independența energetică.

Desigur, toate realizările de pînă acum, ca și cele pe care le avem în perspectivă, au fost posibile și vor fi realizabile în viitor în condiția în care pacea lumii va fi salvgardată și amenințarea unui dezastru al planetei printr-un război nuclear va fi înlăturată. Din acest punct de vedere, apelurile adresate lumii de tovarășul Nicolae Ceaușescu, munca și lupta sa revoluționară, în care îl urmează întreaga țară, sînt o certă chezășie.

Este locul să citățm un fragment din cuvîntul de inaugurare a lucrărilor celui de-al XVI-lea Congres Internațional de Istorie a Științei, ținut la București în perioada 26 august—3 septembrie 1981, al tovarășei academician doctor inginer Elena Ceaușescu, prim-viceprim-ministru al guvernului Republicii Socialiste România, președintele Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie, congres desfășurat sub înaltul său patronaj.

„România, consacrîndu-și plenar forțele și energiile creatoare făuririi societății socialiste multilateral dezvoltate, acordă științei o importanță de prim ordin, prețuiește în mod deosebit aportul oamenilor de știință la dezvoltarea generală a țării, la întărirea independenței și suveranității sale naționale. De altfel, întreaga istorie de peste două milenii a poporului nostru, lupta sa de secole pentru apărarea ființei naționale, pentru libertate și progres, ilustrează cu putere rolul de seamă pe care știința și cultura, slujitorii săi, l-au avut în dezvoltarea societății românești. În toate momentele hotărîtoare ale afirmării noastre pe planul istoriei, în lupta pentru formarea și dezvoltarea conștiinței naționale, pentru unirea Principatelor Române, cucerirea independenței și făurirea statului național unitar, pentru înfăptuirea revoluției de eliberare socială și națională, oamenii științei s-au aflat alături de popor, au acționat ca patrioți înflăcărați, consacrîndu-și întreaga activitate cauzei nobile a progresului și înfloririi țării. Ei au adus și aduc o contribuție de seamă la dezvoltarea gîndirii științifice și tehnice românești și, totodată, la îmbogățirea tezaurului științei universale. Este cunoscut aportul original al oamenilor de știință români în domeniul aviației, al motoarelor cu reacție, al matematicii, chimiei, medicinei, precum și în diferite alte discipline tehnice și umaniste."

Desigur, acumularea de gîndire și creație tehnică și științifică nu-și poate găsi decît o dezvoltare firească în efortul gigantic și hotărîtor al națiunii pentru realizarea independenței energetice a României.

Am arătat că o parte foarte importantă a rezervelor energetice ale lumii este utilizată în transporturi. Pentru teza pe care o susținem considerăm eficient să expunem următorul exemplu : Franța și Anglia, două țări puternic dezvoltate industrial, și-au concentrat eforturile timp de mai bine de zece ani pentru realizarea avionului supersonic de pasageri „Concorde". Cheltuielile de investiții ocazionate de această lucrare au depășit de mai multe ori valorile estimate inițial, ca

pînă la sfîrșit să se ajungă la concluzia că sporul de viteză pentru a depăși bariera sonică prin implicațiile de consum de energie și de materiale nu se justifică sub raport economic, în prezent, proiectul fiind practic abandonat. Știm însă că există în funcțiune în dotarea marilor puteri militare avioane supersonice gigantice de bombardament, așa-zis strategic. În ceea ce privește cheltuielile pentru înarmare rezultă doar din acest singur caz expus că nu au și nu respectă nici un criteriu de eficiență economică și asta în dauna locuitorilor planetei noastre, din care un procent însemnat suferă acut de lipsa condițiilor elementare pentru o existență demnă. Ne putem da seama printr-o deducție simplă la ce sacrificiu enorm este obligată omenirea prin cheltuielile implicate de fabricarea și utilizarea armelor din marile arsenale moderne. Această risipă, care nu respectă nici o rațiune, poate fi considerată drept unul din factorii principali care au declanșat și mențin actuala criză mondială a energiei. Orice logică oricît de simplă și cel mai elementar bun simț condamnă și acuză ca un act împotriva umanismului și umanității aberanta cursă a înarmărilor, motiv de spaimă și de îngrijorare pentru oricare dintre locuitorii planetei noastre. Ne îngrozim la gîndul că dintr-o eroare sau lipsă de rațiune, în orice clipă ordinatoarele de comandă pot începe numărătoarea inversă spre clipa fatală a declanșării unei catastrofe nucleare. Toți oamenii vor trebui făcuți să înțeleagă că încă nu este prea tîrziu, că este încă posibil ca această numărătoare fatală să nu înceapă niciodată.

Să ne gîndim cu entuziasm și cu mîndrie la marile cuceriri științifice ale acestui secol, la primul pas pe lună și și la atîtea alte cuceriri epocale. Să ne gîndim că omenirea este în pragul unor descoperiri științifice care pot duce sigur la bunăstarea întregii lumi, pentru care acumularea cantitativă s-a făcut prin munca și gîndirea a milioane de inteligențe umane. Să ne gîndim că realizări tehnice înglobate în tehnicile militare pot deveni un bun comun al dezvoltării pașnice a civilizației lumii, a lumii în care astăzi somnul copiilor este pîndit ucigaș de sateliți-spioni. Naveta spațială Columbia poate deveni în cel mult zece ani un mijloc comun, eficient și rapid pentru transportul la distanță în orice punct al globului și n-o putem considera decît ca făcînd parte din aceeași familie de realizări în care se situează și metroul bucureștean.

Sîntem, prin prezentele și viitoarele cuceriri ale științei și tehnicii, aspiranți la ceea ce președintele țării noastre a denumit o lume mai dreaptă și mai bună. Este indiscutabil că nimeni nu are dreptul să distrugă această nădejde atît de apropiată de a deveni o realitate și o certitudine.

Redăm, drept concluzie a gîndurilor consemnate, un citat din expunerea președintelui României, tovarășul Nicolae Ceaușescu, la Simpozionul internațional „Oamenii de știință și pacea" ținut la 4 septembrie 1981, în continuarea celui de-al XVI-lea Congres Internațional de Istorie a Științei :

„Trebuie să spunem însă deschis că multe dintre marile descoperiri ale cercetării științifice și creației tehnice sînt folosite astăzi pentru producerea celor mai sofisticate arme de distrugere în masă, începînd cu arma atomică. În lume are loc o accentuare deosebit de îngrijorătoare a cursei înarmărilor, acumularea de arsenale militare în stare să distrugă întreaga planetă, să pună în pericol însăși viața umanității. Asistăm la agravarea încordării pe arena mondială, ca rezultat al politicii imperialiste de dominație, forță și dictat, se manifestă cu putere tendința de consolidare și reîmpărțire a zonelor de influență, se ascut contradicțiile între state și grupări de state.

În același timp, în lume se afirmă tot mai puternic voința popoarelor de a trăi libere, de a se dezvolta de sine stătătoare, de a pune cu desăvîrșire capăt colonialismului și neocolonialismului, oricăror forme de asuprire, de a asigura înnoirea democratică, progresistă a societății, bunăstarea maselor largi muncitoare, de a instaura pe arena mondială relații cu adevărat noi, de egalitate deplină între țări, de destindere, colaborare și pace".

Problema energiei și a independenței energetice a României a devenit problema tuturor, a fiecăruia dintre noi, poate fi realizată și va fi realizată dacă pacea lumii va fi salvgardată și sîntem convinși că nu se poate întîmpla altfel.

Acad. Nicolae Teodorescu — Președintele Asociației Oamenilor de Știință din România, Președintele Comitetului de Politica Științei al Federației Mondiale a Oamenilor de Știință, Raportor UNESCO

Iulia Forje, Mihai Pop, Alex. Forje
cercetători științifici

Dezvoltarea energiei electrice pe bază de combustibili solizi. Reducerea și eliminarea consumurilor de hidrocarburi

Caracteristicile unor turbine cu abur reprezentative construite în România

Ing. Mircea Cârdu*)

În prezent industria constructoare de echi-
amente energetice din țara noastră execută în
od curent un număr suficient de mare de tipo-
mensiuni de turbine cu abur, cu puteri pînă la
30 MW, cu care se satisfac, practic, toate nece-
tățile economiei naționale, în condițiile în care
:istă și disponibilități importante pentru
:port [5].

Un număr de turbine din cele care se execută
prezent au fost descrise în literatura de spe-
alitate [2] [3] [6].

În cele ce urmează vor fi prezentate, în mod succint, patru tipuri de turbine cu abur, din care două din seria tipizată cu puteri între 2,5 MW și 12 MW [5], iar celelalte două cu caracteristicile și construcția adecvate utilizării pentru recuperarea energiei termice a aburului provenit din diverse procese tehnologice.

Aceste turbine se consideră reprezentative atît pentru faptul că soluțiile constructive care le caracterizează sînt tipice tuturor turbinelor cu puteri sub 50 MW executate în prezent în țară, cît și pentru că aceste soluții au în multe cazuri un caracter original, rezultat dintr-o activitate

* Ing. Mircea Cârdu este directorul Institutului de cerce-
re științifică și inginerie tehnologică pentru echipamente
ergetice.

îndelungată în ceea ce privește concepția proprie în construcția de turbine cu abur în țara noastră [1] [4] [7] [8] [9].

1. Turbina cu abur de 6 MW tip AKTR 6—1

Turbina este de tipul „cu acțiune" și fiind cu contrapresiune, are o construcție foarte simplă, majoritatea subansamblurilor componente (carcasă), rotor, ventile de admisie, lagăre cutii de lagăre, etanșări cu labirinți etc.) fiind identice sau avînd semifabricatele, modelele de turnare sau dispozitivele tehnologice similare cu cele utilizate în construcția celorlalte turbine (în special ale celor cu contrapresiune) din seria tipizată, cu puteri între 2,5 MW și 12 MW.

Aburul viu este admis în turbină printr-un ventil cu închidere rapidă și patru ventile de reglare și se destinde în patru trepte (din care prima de reglare) pînă la presiunea prizei pentru termoficare și în continuare în alte patru trepte (din care prima de reglare) pînă la presiunea de evacuare.

Ventilele de reglare a admisiei aburului sînt acționate de un servomotor linear vertical, dispus în cutia din față, prin intermediul unei bare transversale (în contact succesiv cu tijele ventilelor), a unei pîrghii triunghiulare și a unei tije verticale, terminată la ambele capete cu articulații sferice.

În figura 1 este reprezentată secțiunea longitudinală prin turbina AKTR 6—1. Conturul cu linie întreruptă reprezintă vederea în planul de separație orizontală al carcaselor. Acestea sîn executate în construcție turnat—sudată, fap care rezultă din tipizarea amintită mai sus. Ast fel, jumătatea superioară a carcasei se compun din patru piese turnate și anume : camera venti lelor de reglare, camera de distribuție a aburului o carcasă intermediară și camera de evacuare jumătatea inferioară se compune din trei pies turnate, crespunzătoare celor care compun parte superioară, mai puțin camera ventilelor de regla re. Piesele turnate sînt îmbinate prin sudură, fo mînd jumătatea superioară, respectiv inferioar a carcasei, care se îmbină prin buloane într-u plan de separație orizontal.

Reglarea aburului la priza de termoficare respectiv spre evacuare, prin cele patru trepț de destindere, se face cu ajutorul unei diafra me rotative, de tip radial, a cărei cameră de abu este prevăzută cu patru sectoare de ferestr care sînt alimentate succesiv prin deplasare inelului rotitor. Spre deosebire de construcții clasice de diafragme rotative la care inelul rot tor este dispus la exteriorul camerei de abur, turbina AKTR 6—1 (și la alte turbine din ser tipizată) diafragma rotativă este realizată într soluție originală, caracterizată prin faptul inelul rotitor este dispus la interiorul camerei abur. Acest lucru permite realizarea unei co strucții simple și cu diametru redus a carcas în zona de fixare, în aceasta, a diafragmei re pective. În figura 2 sînt reprezentate, pentru co parație, cele două soluții constructive. La sol

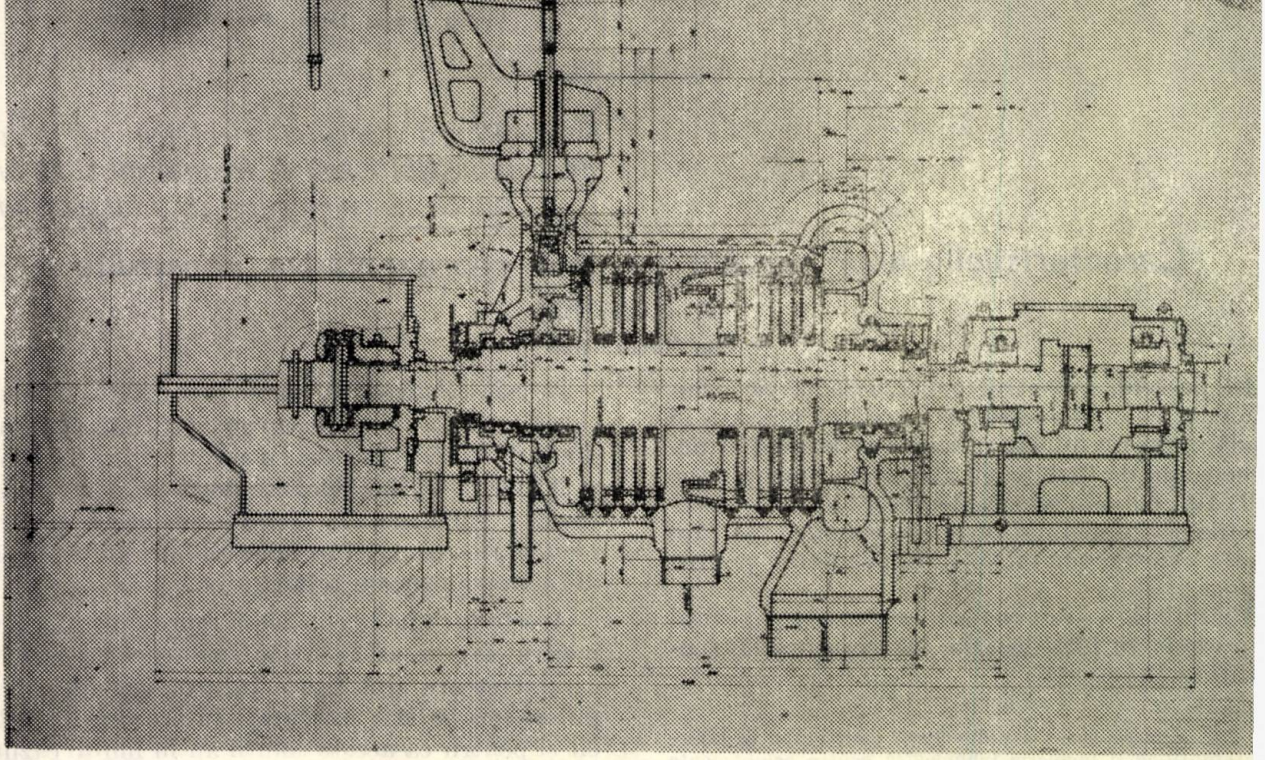
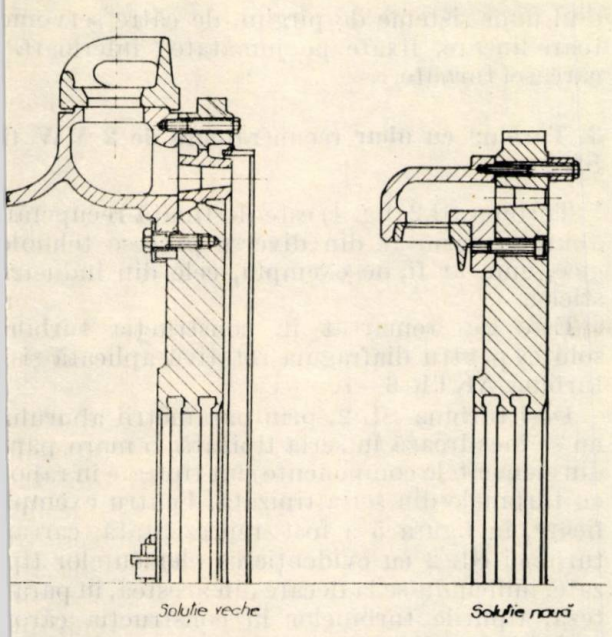


Fig. 1. Turbina cu abur AKTR 6—1 — secțiune longitudinală.



ig. 2. Diafragme rotative pentru reglarea aburului la prize.

a nouă, cu diametrul redus al carcasei s-a admis un diametru mediu ceva mai redus al treptelor e destindere.

Rotorul turbinei este de tip monobloc, semi-ubricatul forjat—eboșat fiind identic cu cele e altor turbine tipizate cu contrapresiune.

Reglarea turbinei se face cu un regulator elec-ohidraulic.

Principalele caracteristici tehnice și construc-ve ale turbinei AKTR 6—1, precum și ale celor-lte turbine descrise în continuare sînt date în abelul 1.

Tabelul 1

PRINCIPALELE CARACTERISTICI TEHNICE SI CONSTRUCTIVE ALE TURBINELOR CU ABUR AKTR 6-1, CSL 12, SL 2 ȘI SL 25 (CU TURATIA DE 3000 rot/min)

Nr. crt.	Caracteristici	UM	Turbine din seria tipizată		Turbine pentru instalații de recuperare a căldurii	
			AKTR6-1	CSL 12	SL 2	SL 25
1	Puterea (la bornele generatorului electric)	MW	6	12	2	25
2	Presiunea aburului la admisie	bar	35	90	13	10-13
3	Temperatura aburului la admisie	°C	435	535	330	titlul x=0,99
4	Presiunea la priza reglată I	bar	15^{+3}_{-2}	13^{+3}_{-2}	1,2...2,4	0,7...2,5
5	Presiunea la priza reglată II	bar	-	0,7....2,5	-	-
6	Presiunea la evacuare	bar	7^{+2}_{-2}	0,07	0,081	0,087
7	Debitul de abur la admisie	t/h	81	115	11,4	180
8	Debitul de abur maxim la priză	t/h	60	62*)	10	160
9	Lungimea totală	mm	4445	5905	5000	7630
10	Lățimea maximă	mm	4057	2510	2400	4710
11	Cota planșeului de deservire	mm	5000	7000	5000	7500
12	Greutatea turbinei	t	19	29,25	26,50	75**)
13	Greutatea piesei cele mai grele	t	4,6	7,5	5,75	10,7

*) Acest debit este la priza I; la priza II debitul de abur maxim este 43 t/h.
**) Inclusiv separatorul de umiditate

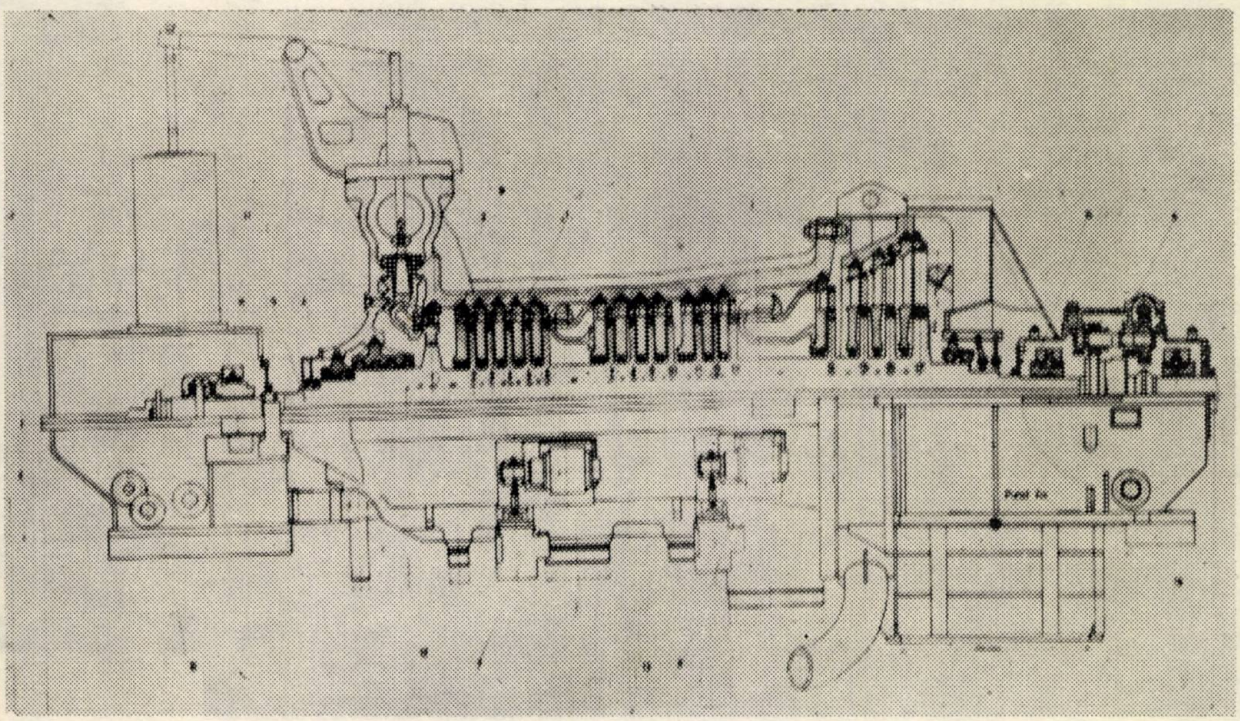


Fig. 3. Turbina cu abur CSL-12 — secțiune longitudinală.

2. Turbina cu abur de 12 MW tip CSL 12

Turbina (fig. 3) este de tipul „cu acțiune" cu condensație și două prize reglabile pentru termoficare.

Aburul este admis în turbină printr-un ventil cu închidere rapidă și patru ventile de reglare și se destinde pînă la prima priză de termoficare, printr-o treaptă de reglare de tip Curtis și cinci trepte de presiune, între cele două prize de termoficare în șapte trepte de presiune, iar în continuare pînă la evacuare spre condensator, în patru trepte de presiune.

Carcasa turbinei este realizată în construcție turnat-sudată de la admisia aburului pînă la a doua diafragmă rotativă de reglare a debitului de abur pentru priza de termoficare urbană. Carcasa de joasă presiune, în partea de evacuare spre condensator, este realizată în construcție sudată, îmbinarea cu carcasa turnată făcîndu-se prin buloane, într-un plan de separație vertical. Ansamblul acestor carcase are un plan de separație orizontal.

Rotorul turbinei este de tip monobloc.

Turbina este prevăzută cu regulator electrohidraulic.

Acționarea ventilelor de reglare a admisiei se face cu un servomotor linear, dispus în poziție verticală, pe cutia lagărului din față, iar diafragmele rotative sînt acționate prin intermediul unor sisteme de pîrghii, de către servomo toare lineare, fixate pe jumătatea inferioară carcasei turnate.

3. Turbina cu abur recuperatoare de 2 MW t SL 2

Turbina SL2 (fig. 4) este destinată recuperăr aburului rezultat din diverse procese tehnol gice, cum ar fi, de exemplu, cele din industr sticlei.

Este de remarcat în construcția turbin soluția pentru diafragma rotativă aplicată și turbina AKTR 6—1.

Deși turbina SL 2, prin parametrii aburulu nu se încadrează în seria tipizată, o mare par din elementele componente sînt tipizate în rapo cu turbinele din seria tipizată. Pentru exempl ficare, în figura 5 a fost reprezentată carca turbinei SL 2 cu evidențierea elementelor tip zate, indicîndu-se la fiecare din acestea, în para teză, tipurile turbinelor în construcția căro mai sînt folosite.

4. Turbina cu abur recuperatoare de 25 MW t SL 25

Turbina este destinată recuperării în scopu energetice a aburului provenit din sistemele răcire ale instalațiilor de laminare și ale conve tizoarelor din industria siderurgică.

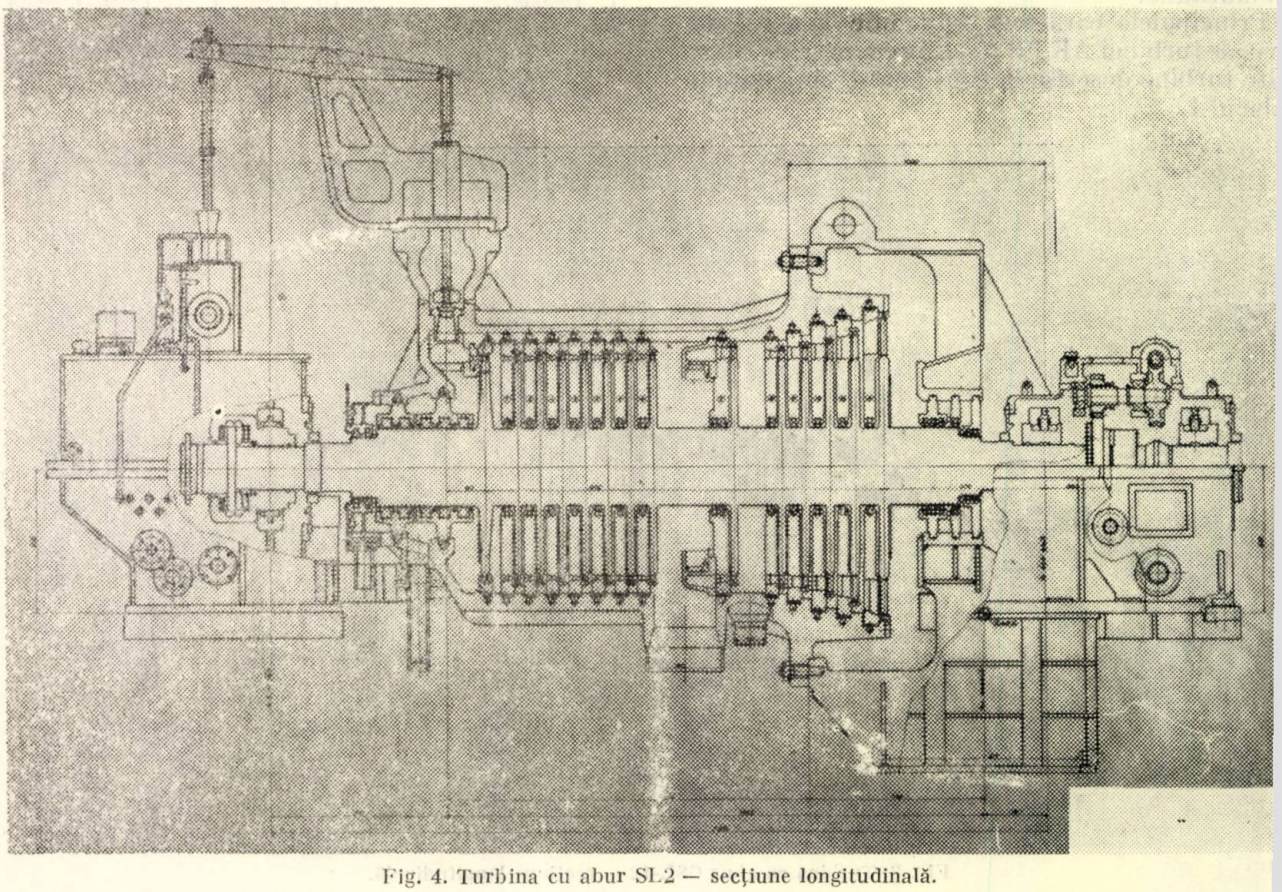


Fig. 4. Turbina cu abur SL 2 — secțiune longitudinală.

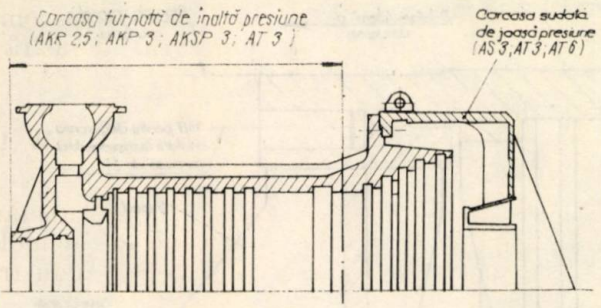


Fig. 5. Carcasa superioară tipizată pentru turbina SL 2.

raţie orizontal şi fixate în carcasele externe sudate. În această grupă destinderea aburului se face de la presiunea prizei de termoficare pînă la presiunea de evacuare la condensator.

Reglarea aburului în a doua grupă de trepte de destindere se face printr-o diafragmă rotativă de tip axial, care este divizată pe înălţime în două sectoare, ca de altfel întreaga primă treaptă din grupă (ajutajele diafragmei fixe şi paletele rotorice).

Dat fiind faptul că turbina este alimentată cu abur saturat, a fost necesară intercalarea, pe

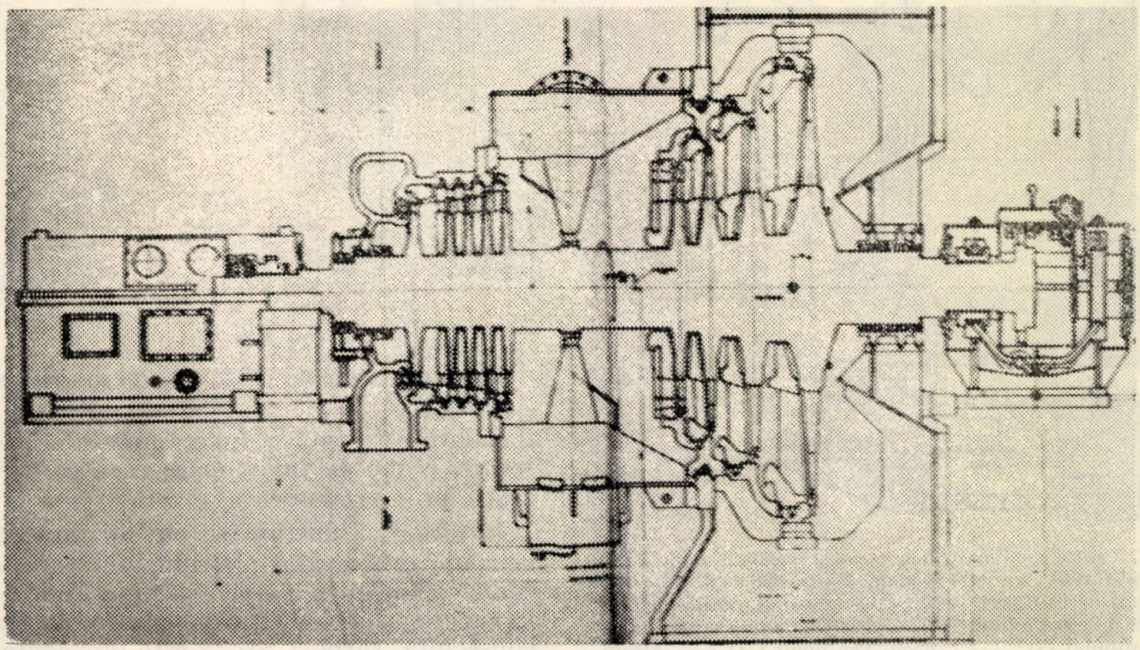


Fig. 6. Turbina cu abur SL 25 — secţiune longitudinală.

Turbina SL 25 (fig. 6) este de tipul „cu acţi-ıe" într-un singur corp, compus din carcase rnate (pentru partea de admisie a aburului) carcase externe sudate, la partea de joasă pre-ıne. Carcasa superioară turnată este îmbinată flanşe în plan vertical cu carcasa superioară dată şi la fel carcasele inferioare. Perechea de rcase superioare se îmbină cu cele inferioare tr-un plan de separaţie orizontal.

Date fiind debitele volumetrice de abur rela-mari, admisia acestuia se face prin două ven-e combinate (de admisie şi închidere rapidă) g. 7), dispuse separat de corpul turbinei şi gate de carcasa inferioară turnată prin două nducte.

Destinderea aburului după admisia în tur-nă se face în două grupe de trepte de destin-re. În prima grupă, formată din cinci trepte spuse în interiorul carcasei turnate, destinde-a aburului se face de la presiunea de admisie nă la presiunea prizei de termoficare. A doua upă este formată din patru trepte ale căror afragme sînt montate în carcasa internă (tur-tă) de joasă presiune, care se compune din uă jumătăţi îmbinate într-un plan de sepa-

parcursul destinderii, a unui separator de umiditate, la fel ca în cazul turbinelor cu abur saturat destinate centralelor nuclearo-electrice.

Astfel, evacuarea aburului după prima grupă de trepte, spre separatorul de umiditate, se face prin două conducte dispuse în carcasa inferioară externă de joasă presiune, iar admisia aburului de la separatorul de umiditate la a doua grupă de trepte se face prin două conducte care intră în carcasa superioară externă de joasă presiune.

În figura 8 este reprezentată schema de principiu a separatorului de umiditate, care este de tip inerţial, piesele componente de bază fiind jaluzelele verticale din tablă de alamă, a căror formă, în secţiune orizontală, apare în figura respectivă.

Aceste jaluzele imprimă în curgerea aburului umed schimbări succesive de direcţie, datorită cărora picăturile de apă se depun pe feţele lor concave. Filmul de apă rezultat din această depunere se colectează în „buzunarul" prevăzut la extremitatea inferioară a fiecărei jaluzele. Apa astfel colectată curge spre partea inferioară a separatorului de umiditate, de unde este intro-

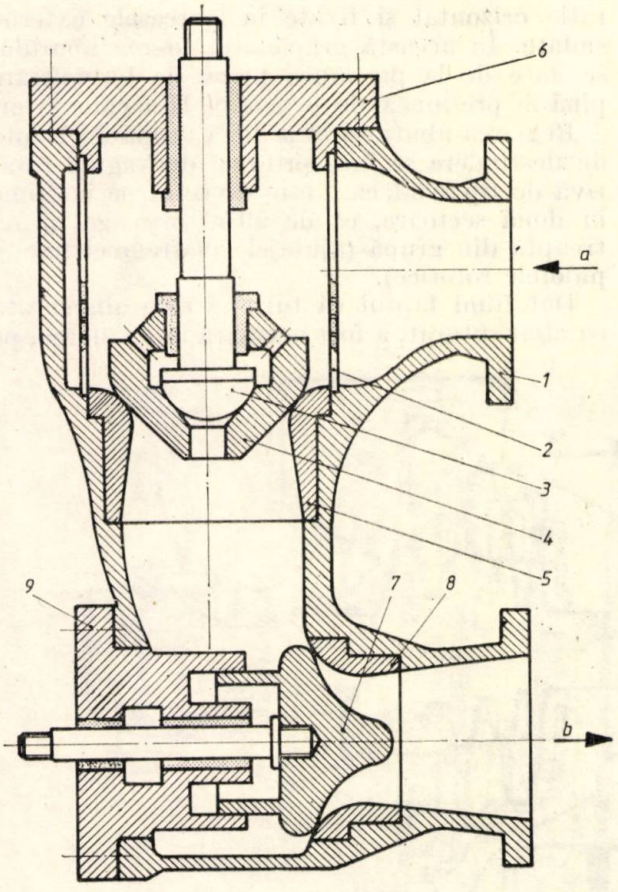


Fig. 7 Ventil combinat (de admisie şi închidere rapidă) : 1 — corpt turnat ; 2 — sită de abur ; 3 — ventil de descărcare ; 4 — ventil de închidere rapidă ; 5 — scaunul ventilului (4) ; 6 — capacul ventilului (4) ; 7 — ventil de admisie ; 8 — scaunul ventilului (7) ; 9 — capacul ventilului (7) ; a — intrare abur ; b — abur spre turbină.

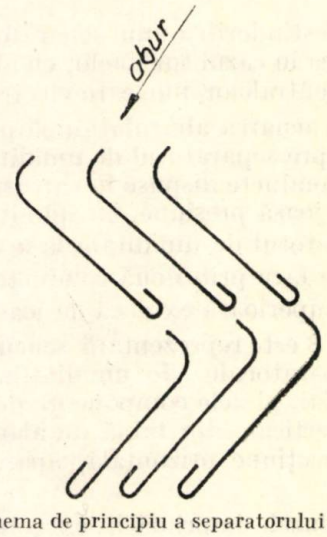


Fig. 8. Schema de principiu a separatorului de umiditate

dusă în circuitul de apă de alimentare al instalaţiei [1].

Condensatorul turbinei are ţevile de răcire din alamă, dar este prevăzut şi cu un fascicul din ţevi de oţel, care joacă rol de primă treaptă de încălzire a apei pentru termoficare, întrucît

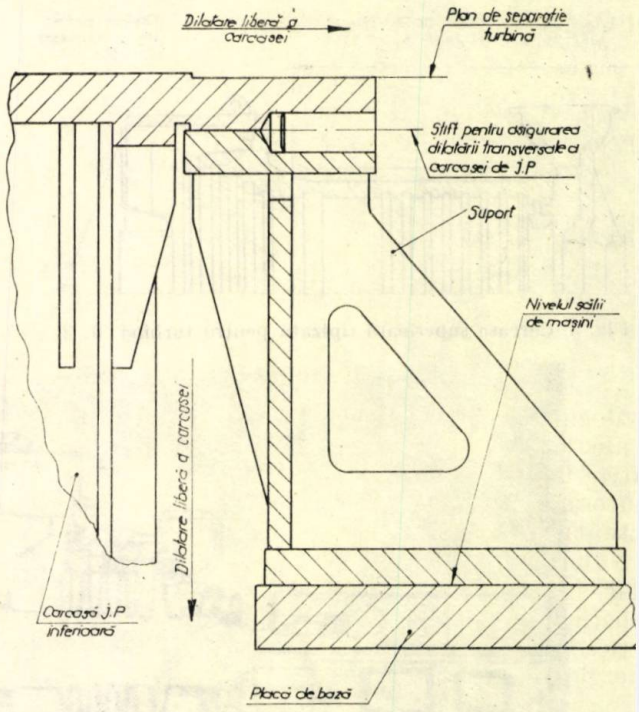


Fig. 9. Dilatarea liberă a carcasei de JP a turbinei SL 25.

instalaţia este aptă să funcţioneze şi cu vid înr utăţit, regim de funcţionare care se caracte zează prin randamente superioare [8].

În situaţia funcţionării cu vid înrăutăţit, zona de evacuare a aburului din turbină sp condensator apar temperaturi mai ridicate de în cazul turbinelor cu condensaţie obişnuite. consecinţă, turbina SL 25 este prevăzută cu sistem special de dilatare a carcasei în zona co densatorului (fig. 9), diferit de cel utilizat cazul turbinelor cu condensaţie clasice, un aceasta se sprijină pe fundaţie la nivelul pl cilor de bază.

La turbina SL 25 carcasa se sprijină pe fu daţie prin intermediul unor suporturi specia la nivel foarte apropiat de planul de sepa ţie, astfel încît dilatările pe direcţie vertica mai mari în cazul funcţionării cu vid înrăutăţ să ne conducă la descentrări ale rotoarelor t binei şi generatorului electric în zona cuplaju dintre acestea.

Bibliografie

[1] A n d r e e s c u D. *Metodă de calcul al traiectoriilor p turilor într-un curent de abur umed, cu aplicaţie la sep toarele de umiditate ;* În Construcţia de maşini, 11, 197

[2] C â r d u, M. *Turbina cu abur de 330 MW realizare a în triei constructoare de maşini grele.* În : Construcţia de ma 1, 1974.

[3] C â r d u, M. *Turbina cu abur de 150 MW, pentru term care urbană.* În : Construcţia de maşini, 3, 1978.

[4] C â r d u, M. *Aspecte ale activităţii de cercetare ştiinţi şi inginerie tehnologică în domeniul construcţiei de tu maşini.* Lucrare prezentată la Sesiunea jubiliară de co nicări ştiinţifice a Institutului Politehnic, Bucureşti 11- decembrie, 1981.

5] Cârdu, M. *De la 3 MW la 700 MW (Scurt istoric al fabricației turbinelor cu abur în România).* În : Construcția de mașini, 1, 1983.
6] Grecu, T., Cârdu, M., Nicolau, I., *Turbine cu abur,* Editura tehnică, 1976.
7] Nahlik, A., Pasria, A., *O metodă exactă pentru echilibrarea rotorilor în două plane.* În : Studii și cercetări de mecanică aplicată, tom 88, nr. 2, 1979.
8] Popovici, T., Ailincăi, T., Novinschi, V. *Schemă tehnologică de înaltă eficiență economică pentru valorificarea superioară a resurselor energetice secundare din industria siderurgică,* Seminarul asupra producerii cumulate de energie electrică și căldură, Hamburg, 6—9 noiembrie, 1978.
[9] Tătaru, N. N., Petcu, N., Dogaru, M. *Cercetarea dinamicii grupurilor energetice utilizînd un limbaj de simulare.* Referat prezentat la Consfătuirea de lucru cu tema „Informatica în activitatea de cercetare și proiectare", Institutul central pentru conducere și informatică, 1982.

(Primit la 4 aprilie 1983, acceptat la 21 noiembrie 1983)

Aplicarea de tehnologii pentru îmbogățirea lignitului și a șisturilor bituminoase

Dr. chim. Maria Maftei, dr. ing. Valentina Bălan *

Documentele Congresului al XII-lea al P.C.R. ale Conferinței Naționale accentuează necesitatea lărgirii bazei proprii de materii prime, materiale, energie și combustibili în etapa actuală și în perspectivă.

Valorificarea în termocentrale a combustibilor inferiori cu procentaj ridicat de steril constituie o problemă prioritară și pentru energetica românească. Cerințele crescînde de energie electrică în condițiile reducerii consumului de hidrocarburi la cazanele de abur, au dus la necesitatea efectuării unor cercetări privind îmbogățirea lignitilor și a unor studii privind fezabilitatea unor tehnologii pentru îmbogățirea șisturilor bituminoase.

În cadrul preocupărilor și cercetărilor efectuate pînă în prezent privind îmbogățirea lignitilor, s-au făcut studii, pe instalații de spălare cu jet și hidrociclonare pe șarje a 500 kg lignit încasat clasa 0—30 mm din depozitul IE Rovinari, ținînd cont de caracteristicile calitative ale lignitilor din bazinul Rovinari (tabelul 1.), determinate pe sorturi granulometrice (tabelul 2).

Rezultatele obținute confirmă posibilitatea de spălare a lignitului.

S-a constatat că, deși are loc o creștere a umidității de la 35% la 45%, reducerea conținutului de cenușă de la 38% la 22% a avut ca efect o creștere a puterii calorice inferioare, în medie cu 250 kcal/kg (tabelul 2). De asemenea, s-a constatat că, deși are loc o creștere a umidității de la 35% la 45%, reducerea conținutului de cenușă de la 38% la 22% a avut ca efect o creștere a puterii calorice inferioare, în medie cu 250 kcal/kg (tabelul 2). De asemenea,

Tabelul 1

Caracteristicile de calitate a lignitilor din bazinul Rovinari pe sorturi granulometrice

Granulația [mm] / Caracteristici	Cariera din care s-au prelevat probele din strat și producție curentă	0—5	5—10	10—20	10—30	20—30	30—50	50—100
Ponderea [%]	Tismana probe din strat	7,0	8,5	—	27,0	—	19,6	37,9
	Gîrla probe din strat	7,3	8,9	—	25,1	—	18,8	39,9
	Beterega probe din strat		11,1	—	29,8	—	20,9	29,2
	Beterega (0—30) probe producție curentă							
	Beterega (0—100)							
Umiditatea [%] W_t^i	Tismana probe din strat	41,1	41,4	—	42,9	—	43,2	44,7
	Gîrla probe din strat	40,2	41,4	—	41,5	—	41,1	42,0
	Beterega probe din strat	40,8	41,6	—	42,0	—	43,4	44,2
	Beterega (0—30) (producție	42,2	43,5	43,6	—	42,6	—	—
	Beterega (0—100) curentă)	41,5	42,8	—	52,3	—	43,3	41,4
Cenușă [%] A_t^i	Tismana probe din strat	20,4	17,7	—	15,8	—	15,7	13,6
	Gîrla probe din strat	23,7	21,8	—	22,8	—	22,1	21,2
	Beterega probe din strat	19,7	19,5	—	18,2	—	16,0	13,0
Cenușă [%] A^{anh}	Tismana probe din strat	34,7	30,2	—	27,6	—	27,7	24,7
	Gîrla probe din strat	30,7	37,2	—	37,8	—	36,0	32,4
	Beterega probe din strat	33,3	33,4	—	31,4	—	28,3	23,4
	Beterega (0—30) (producție curentă)							
	Beterega (0—100)							

Tabelul 2

Rezultatele încercărilor făcute în R.S.R. pentru îmbogățirea lignitilor prin spălare cu jet de apă și hidrociclonare (1500 kg)

Caracteristici energetice	Lignit brut supus spălării	Lignit spălat
Cantitate [%]	100	56,2
Umiditate totală W_t^i [%]	35,7	45,3
Conținut de cenușă A^i [%]	38,4	22,6
Conținut de cenușă A^{anh} [%]	59,7	40,5
Putere calorică Q_i^i [kcal/kg]	1 090	15—87
Cantitatea de căldură [kcal]	109 000	88 065

* Dr. chim. Maria Maftei este șef Secție chimie energetică ICEMENERG, iar dr. ing. Valentina Bălan — cercetător științific principal la același institut.

menea, din cercetările efectuate a rezultat că din amestecul lignitului cu apa nu se formează o pastă noroioasă, ci particule de cărbune fin se separă în proporție însemnată de șlamul argilos. Ca urmare, s-a propus trecerea la faza următoare pentru dezvoltarea și definitivarea îmbogățirii lignitului la IE Rovinari pe o instalație pilot cu capacitatea de prelucrare de 150 tone lignit brut pe oră.

Instalația pilot de la IE Rovinari este integral dotată cu utilaje și aparatură fabricate curent în țară. Tehnologia de îmbunătățire a lignitului prevede o sortare uscată pe grătare cu bare rotative, urmată de o sortare umedă pe ciururi vibrante, spălare sub jet de apă și hidrociclonare desecare pe ciur vibrant și centrifugare pe diferite fracții granulometrice, cu recuperarea cărbunelui fin din șlamurile reziduale, printr-un procedeu tehnologic specific.

Prin realizarea și punerea în funcțiune a stației pilot pentru îmbogățirea lignitului se vor elucida următoarele aspecte :

— stabilirea calitativă și cantitativă a efectelor spălării diferitelor fracțiuni granulometrice care interesează în fazele principale ale tehnologiei de îmbogățire, cum ar fi : sortarea umedă, decantări, desecări, centrifugare ;

— comportarea echipamentelor produse în țară și introduse în fazele fluxului tehnologic (conceput eficiența acestora), precum și stabilirea datelor tehnice și funcționale pentru îmbunătățirea lor din punct de vedere constructiv și al capacității, bineînțeles la acelea unde va fi cazul, în scopul de a le putea încorpora în fluxul tehnologic al unei eventuale uzine de îmbogățire de mare capacitate (20—25 mii t/zi) ;

— stabilirea unor consumuri specifice optimizate privind în principal consumul de apă (recirculată și proaspătă) și de energie electrică pe tona de lignit brut tratată și respectiv pe tona de lignit îmbogățit, obținut în fazele principale ale tehnologiei și pe ansamblul instalației ;

— oportunitatea introducerii unor modificări tehnologice pe anumite faze, în funcți de caracteristicile lignitului brut supus spă lării în cantități industriale și în funcție d eficiența procedurilor folosite ;

— asigurarea tuturor datelor tehnice, teh nologice și economice pentru a se putea fac analizele comparative și cu alte soluții de spă lare umedă sau combinată ;

— producerea unei cantități industriale d lignit îmbogățit de circa 10 000 tone, cu car se efectuează încercările de ardere în cazanel termocentralei Rovinari, pentru a verifica ș stabili în mod cert efectele și avantajele folosir la ardere a ligniților îmbogățiți ;

— elaborarea studiului de implantare a une uzine de mare capacitate pentru îmbogățire ligniților în baza elementelor prevăzute î ultimile două puncte, bazată pe o tehnologi românească pe echipamente produse în țar și fără risc tehnologic sau economic.

Posibilitățile de îmbogățire pentru șisturil bituminoase din R.S.R. țin seama de caracteris ticile fizico-chimice ale șistului brut, extra din carieră ; îmbogățirea se prevede a fi reali zată prin tehnologii diferențiate, în funcție d mărimea claselor granulometrice ale acestuia și anume :

1 — claubare selectivă mecanică și sfărîmar autogenă parțială a șistului brut din carier în ciur rotativ. Un prim ciur rotativ a și fos realizat și montat de către IMESB — Anin în cariera de șisturi. Prin această operație s elimină ca steril, fracțiunea + 100 mm, iar șistu îmbunătățit caloric cu circa 50—70 kcal/k trece prin sita ciurului cu Ø 100 mm ș urmează a fi supus în continuare îmbogățirii

1.1. — îmbunătățirea clasei granulometric 20—50 mm prin separarea șistului de steril î mediu dens cu magnetită ;

1.1.1. — îmbogățirea prin hidrociclonare c mediu dens cu magnetită a clasei granulome trice 2—20 mm.

Puterea calorifică (Q_i^l) a șisturilor bitumi noase din bazinul Anina este diferențiată p clase granulometrice (tabelul 3).

Tabelul

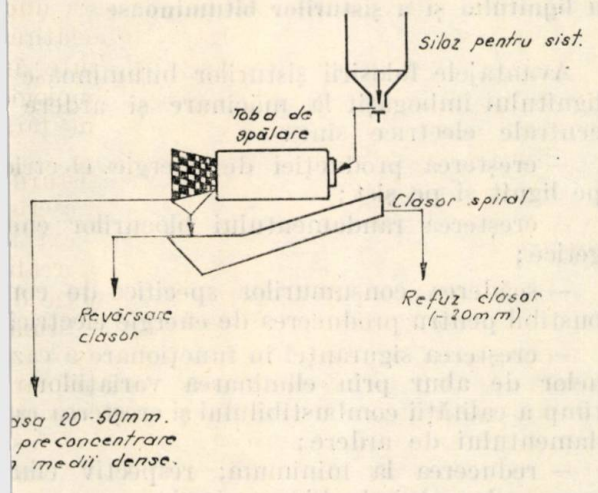
Compoziția mineralogică privind șisturile bituminoase pe sorturi granulometrice

Nr. crt.	Componenți mineralogici	Formula chimică	Sorturi granulometrice		
			0—100	0—200	0—300
1	Caolinit	$Al_2Si_4O_{10}(OH)_8$	46,5	48,5	49,0
2	Sericit	$K_{<1}Al_2(SiAl)_4O_{10}(OH)_2$	12,5	13,0	12,0
3	Cuarț	SiO_2	12,5	12,5	11,5
4	Feldspați	$Na[Al\ Si\ O_8]Ca\ [Al_2/Si_2O_8]$	0,5	0,5	0,5
5	Siderit	$FeCO_3$	7,5	8,0	9,0
6	Limonit	$Fe_2O_3 \cdot 4\ H_2O$	0,5	0,8	1,0
7	Pirit	FeS_2	0,5	0,5	0,5
8	Oxizi de titan	$Ti\ O_2$	1	1	1
9	Dolomit	$CaMg\ (CO_3)_2$	1	1	1
10	Substanțe organice	substanțe bituminoase substanțe carbonoase	17,5	14,0	14,5

Tabelul 4

Caracteristicile chimice şi enrgetice ale şisturilor brute pe clase granulometrice

asa granulometrică	Umiditate, W_t^i	Cenuşă, A^{anh}	Putere calorifică, Q_i^i[kcal/kg]	Fier, Fe[%]
+50	3,15	82,43	612	8,80
30—50	4,17	78,99	762	5,98
20—30	2,54	80,22	862	4,76
10—20	2,59	77,17	1 098	3,70
5—10	4,38	78,54	994	3,13
—5	3,03	77,28	1 080	2,93



. 1. Schema fluxului tehnologic aplicat la spălarea şistului.

În tabelul 4 sînt redate caracteristicile chimice şi energetice pe clase granulometrice; de aici rezultă că sorturile 20—30 mm şi 30—50 mm au o putere calorifică redusă, fapt care impune îmbogăţirea acestor clase prin spălare în mediu dens.

În acest sens a fost necesar să se efectueze o analiză densimetrică pentru şistul brut clasa 20—50 mm la o greutate specifică a mediului de separare cuprinsă între 1,9—2,6 kg/dm³.

În vederea stabilirii curbei densimetrice, analiza densimetrică s-a efectuat în lichide organice — brumoform şi tetraclorură de carbon — la densităţi cuprinse între 1,9 şi 2,6 g/cm³.

În tabelul 5 se redau rezultatele obţinute la analiza densimetrică.

Avîndu-se în vedere că în compoziţia mineralogică a şisturilor bituminoase se află şi caolignitul, care în contact cu apa creează un mediu vîscos, dăunător procesului de concentrare gravitaţională, a fost necesară spălarea şistului, în scopul eliminării şlamului fin.

În figura 1 este redată schema de lucru la spălarea şistului; instalaţia de spălare 2 t/h din cadrul ICP MMN — Baia Mare, iar bilanţul lichid-solid al spălării este redat în tabelul 6.

Parametrii optimi de spălare a şistului sînt prezentaţi în tabelul 7.

Experimentările la diferite capacităţi de spălare 0,9; 1,6; 2 t/h au dovedit că spălarea şistului se efectuează în bune condiţii la o capacitate de 1,5 t/h şi la un raport lichid-solid de 3 : 1.

Tabelul 5

aliza densimetrică a şistului bituminos clasa 20—50 mm, supusă îmbogăţirii prin spălare în mediu dens în instalaţia pilot

eutatea specifică a fracţiei	Cantităţi elementare Q[%]	Cantităţi cumulate Q[%]	Cenuşa elementară Y[%]	$Q \cdot Y$	$\frac{Q \times Y}{100\%}$
—1,9	6,36	6,36	69,40	441	4,41
1,9—2,0	12,05	18,41	72,70	876	13,17
2,0—2,1	14,45	32,86	76,80	1110	24,27
2,1—2,2	18,68	51,54	78,50	1446	38,73
2,2—2,3	15,86	67,40	80,90	1282	51,56
2,3—2,4	8,35	75,75	82,40	688	58,44
2,4—2,5	4,49	80,24	84,50	380	62,64
2,5—2,6	5,69	85,93	89,05	506	67,30
+2,6	14,07	100,00	93,79	1320	80,50

Tabelul 6

Bilanţul lichid-solid al procesului de spălare a şistului la capacităţile : 0,9; 1,5 şi 2,0 t/h

Produse	0,9 t/h		1,5 t/h		2 t/h	
Alimentare	şist t/h	apă m³/h	şist t/h	apă m³/h	şist t/h	apă m³/h
	0,900	0,018	1,500	0,030	2,000	0,040
Şist spălat	0,745	0,023	1,279	0,071	1,744	0,090
Refuz clasor	0,090	0,020	0,135	0,038	1,148	0,043
Revărsare clasor	0,065	0,640	0,086	4,367	0,108	5,827

Tabelul

Parametrii de spălare a șistului la capacitate 1,5 t/h

Denumirea produselor	Extracție în greutate [%]	Umiditate [%]	Densitate [g/l]	Conținut [%]	
				Cenușa A^{anh}	Fier, Fe
Alimentare	100,00	2,50	—	76,80	6,49
Șist spălat	85,30	5,60	—	77,40	6,86
Refuz clasor	9,00	19,00	—	76,50	6,91
Revărsare clasor	5,70	—	1,010	80,60	3,70

Încercările de îmbogățire a clasei 20—50 mm în mediu dens s-au efectuat pe o instalație de preconcentrare echipată cu siloz de alimentare, alimentator vibrant, tambur de separare și separator electromagnetic pentru recuperarea mediului dens. Încercările de îmbogățire s-au efectuat la diferite densități ale mediului și anume: 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4 kg/dm^3, iar pentru fiecare încercare s-a determinat greutatea șistului introdus în siloz, în vederea îmbogățirii, greutatea șistului îmbogățit și greutatea sterilului.

Extracția în greutate a șistului îmbogățit, variază față de alimentare între 40—62%.

Rezultatele optime s-au obținut la o greutate specifică a mediului dens cuprins între 2,0—2,1 kg/dm^3. În acest caz puterea calorifică (Q_i^i) a șistului îmbogățit a fost de 1240 kcal/kg față de 700 kcal/kg a șistului de alimentare (neîmbogățit) cu o extracție în greutate de 40%.

Conținutul de cenușă 73% și 4,3% Fe total; sterilul rezultat a avut o extracție în greutate de 60% cu conținut de cenușă 90% și 12,94 Fe total. Puterea calorică în steril a fost de 355 kcal/kg.

Variantele de îmbogățire a șistului, luate separat sau combinate, conduc la diferite grade de îmbogățire a combustibilului, destinate arderii în cazane, precum și la reducerea în proporții diferite a sterilului conținut în acestea.

La analiza variantelor și determinarea tehnologiei optime de îmbogățire a șistului, în ansamblu s-a ținut seama de proporția creșterii puterii calorifice inferioare, de posibilitățile de recuperare maximă a cantității de căldură din combustibilul brut, de posibilitățile de eliminare a sterilului în cantități cît mai mari, dar cu pierderi calorice minime, precum și de efectele pozitive ale arderii unui șist îmbogățit.

Rezultatele tehnico-economice urmărite cadrul aplicării tehnologiilor de îmbogăți a lignitului și a șisturilor bituminoase

Avantajele folosirii șisturilor bituminoase lignitului îmbogățit la măcinare și ardere centrale electrice sînt:

— creșterea producției de energie electri pe lignit și pe șist;

— creșterea randamentului blocurilor en getice;

— scăderea consumurilor specifice de co bustibil pentru producerea de energie electric

— creșterea siguranței în funcționare a caz nelor de abur prin eliminarea variațiilor timp a calității combustibilului și creșterea ra damentului de ardere;

— reducerea la minimum, respectiv elin narea adaosului de hidrocarburi;

— îmbunătățirea condițiilor de transpo manipulare, combustie în cazanele de ard funcționînd pe șisturi prin eliminarea un importante cantități de steril;

— creșterea disponibilității și duratei viață, respectiv reducerea costului reparații la cazanele cu abur, ca urmare a reduce efectelor de eroziune și coroziune din caza

Bibliografie

[1] * * * *Politica partidului de dezvoltare a bazei de mat prime și resurse energetice în etapa actuală.* Era sociali 22/20 XI. 1982.

[2] * * * *Cercetarea, dezvoltarea și definitivarea în fază p a tehnologiei de îmbogățire a lignitului la IE Rovin* ICEMENERG 1981/1982.

[3] * * * *Fezabilitatea unor tehnologii pentru îmbogăți șisturilor bituminoase.* ICEMENERG 1982.

(Primit la 7 iunie 1983, acceptat la 14 februarie 19

Dezvoltarea și funcționarea ansamblului centralelor electrice

Dr. ing. Liviu Lup*)

1. Stabilirea nivelului necesar de putere stalată

Puterea instalată în sistemul electroenergetic ebuie să acopere [1]:
— sarcina sistemului (inclusiv consumul pro-iu tehnologic al centralelor electrice și pierde-e în rețelele electrice);
— soldul de export-import planificat de putere energie electrică;
— reducerile de putere la agregate și centrale ctrice.
Pentru acoperirea reducerilor de putere și a entualelor greutăți (întîrzieri) în realizarea or centrale electrice se prevăd, în cadrul nive-ui de putere instalată, pentru perspectivă, zerve de putere.
Pentru ușurința calculelor, reducerile și rezer-le de putere se grupează în următoarele cate-rii:
— putere indisponibilă;
— reduceri de putere disponibilă;
— putere în reparație normată (planificată);
— putere în reparație neplanificată (cauzată avarii sau de alte incidente de exploatare) ntru agregatele noi sau pentru agregatele cu chime în exploatare;
— rezerva de balanță.
De asemenea, pentru abaterea sarcinii reale ă de cea prevăzută, puterea instalată cuprinde o rezervă de sarcină.

. *Rezerva pentru reparații normate* se determină baza normativului de reparații. Necesarul ual de reparat se distribuie pe agregatele sis-nului, în cursul anului (pe luni), în așa fel ît să se obțină, pentru toate lunile anului, roximativ același grad de siguranță privind perirea producției necesare de energie elec-că. Rezerva totală anuală pe sistem se con-eră egală cu volumul necesar de reparat.
Pentru o structură dată a sistemului, nece-ul de reparat din cursul anului poate fi sta-it cu relația:

$$= \sum_{i=1}^{g} n_i r_i P_{edi}, \text{ (în MW zile sau MWh)} \quad (1)$$

care:
este numărul de agregate din grupa i, având elași coeficient mediu multianual de reparații rmate r_i [2] și aceeași putere efectiv dispo-ilă P_{edi}.

*) Dr. ing. Liviu Lup lucrează la ISPE — București.

1.2. Stabilirea nivelului optim al rezervei de putere pentru avarii (reparații neplanificate) se face, utilizînd metode statistice-probabilistice pe baza criteriului de eficiență economică, ținînd seama de:
— producția necesară de energie electrică;
— alura curbelor de sarcină;
— structura centralelor electrice;
— probabilitățile de stare aptă de funcționare și de stare în avarie ale agregatelor;
— cheltuielile totale legate de instalarea și exploatarea unui anumit nivel de putere;
— cheltuielile (pierderile în economia națională) legate de neasigurarea completă cu energie electrică a consumatorilor pentru energia probabil neasigurată.

Pentru calculul acestui nivel optim al rezervei de avarii se stabilesc mai multe variante, posibil de realizat, de structură și nivel de putere instalată, atribuind agregatelor probabilitățile de stare aptă de funcționare p_i pe baza experienței în exploatare și a datelor din literatura de specialitate [2]. Probabilitățile pentru diferitele stări ale sistemului pot fi determinate calculînd toți termenii relației:

$$(p_1+q_1)^{n_1}(q_2+q_2)^{n_2}\ldots(p_i+q_i)^{n_i}\ldots(p_g+q_g)^{n_g}=1. \quad (2)$$

Pentru fiecare variantă se determină energia de deficit E cu ajutorul calculatorului electronic, folosind programul VERABIC, realizat în cadrul ISPE.

$$E_d = \sum_k P_{dk}\, t_k\, a_k, \quad (3)$$

în care:
P_{dk} este puterea de deficit pe intervalul de timp t_k cu probabilitatea a_k.
Varianta optimă este aceea care are valoarea minimă a cheltuielilor totale actualizate.
Relația după care se calculează cheltuielile totale actualizate, pentru fiecare variantă este:

$$A = I^A + C^A + p_e E_d, \quad (4)$$

în care:
A reprezintă cheltuielile actualizate totale;
I^A — investițiile actualizate;
C^A — cheltuielile anuale actualizate;
p_e — daunele specifice în economie cauzate de insuficiența în alimentarea cu energie electrică urmare a avariilor.

Modul de calcul al acestor cheltuieli este redat în „Normativul privind calculele comparative tehnico-economice la instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice și termice" PE-011 -1982.

Variantei optime îi corespunde valoarea optimă a gradului de siguranță.

1.3. Rezerva pentru puterea efectiv indisponibilă (pentru puterea indisponibilă și pentru reducerile de putere disponibilă), se determină pe ansamblul sistemului și pe agregate sau grupe de agregate, pe baze statistico-analitice.

1.4. Rezerva de balanță. Avînd în vedere că realizarea constructivă a unei centrale electrice durează 2—10 ani, în unele cazuri, în care ar exista soluții mai puțin sigure de realizare a unor tipuri de centrale electrice economicoase, trebuie să se prevadă, în studiile de perspectivă (de lungă durată), în alternativă și posibilitatea realizării altor tipuri de centrale electrice mai puțin economicoase, acest din urmă tip constituind rezerva de balanță a primului tip de centrale. Pe măsură ce soluțiile se clarifică trebuie abandonată soluția neconvenabilă.

Rezerva de balanță este utilă și în cazul în care producția de energie electrică ar începe, la un anumit moment, să depășească în mod substanțial prevederile.

1.5. Rezerva de sarcină se stabilește pe baze statistico-analitice ținînd seama de abaterea din trecut a sarcinii realizate față de sarcina prevăzută.

Conform cu metodologia CAER valoarea rezervei de sarcină se determină cu relația :

$$P_s^r = 0{,}01 P_{pmax} + 1{,}25 \sqrt{P_{pmax}}, \qquad (5)$$

în care :

P_{pmax} este puterea maximă necesară a fi produsă (în GW).

Funcția obiectiv redată prin criteriul de eficiență economică duce la posibilitatea determinării soluției optime de rezerve de putere și de nivelul de putere instalată în sistem.

2. Forme de exprimare a gradului de siguranță privind realizarea producției necesare de energie electrică la funcționarea izolată a sistemului

2.1. Gradul de siguranță pentru putere

Gradul de siguranță pentru o anumită valoare a puterii efectiv utilizabile, respectiv gradul de siguranță privind acoperirea unei anumite valori a puterii necesare a fi produse P_{pk}, egală cu o anumită valoare a puterii efectiv utilizabile, este dat de relația :

$$S_p = \sum_{\{k_1 \dots k_g\}} \prod_{i=1}^{g} a_{k_i} = \sum_{\{k_i \dots k_g\}} a_k, \qquad (6)$$

cu condițiile :

$$k_1 P_1 + k_2 P_2 + \dots + k_i P_i + \dots + k_g P_g \leqslant P_{ak} = P_{eumax} - P_{pk}, \qquad (7$$

în care :

a_{k_i} este probabilitatea ca în grupa i de agregate să fie în avarie k_i agregate ;

P_i — puterea efectiv disponibilă a agregatelor din grupa i ;

P_{ak}^r — puterea de rezervă pentru avarii în cazul în care sarcina are valoarea P_{pk} (vezi figura 1).

P_{eumax} — puterea efectiv utilizabilă maximă a sistemului.

2.2. Probabilitatea de deficit de putere

Probabilitatea de deficit de putere se calculează cu relația :

$$d_p = 1 - S_p \qquad (8$$

cu condiția :

$$k_1 P_1 + k_2 P_2 + \dots + k_i P_i + \dots + k_g P_g > P_{ak}^r. \qquad (9$$

2.3. Gradul de siguranță pentru putere, ținînd seama de curba clasată de sarcină

Considerînd o curbă de sarcină clasată (fig. 1) pentru o durată oarecare de timp (zi, lună, an etc.) și notînd cu t_k timpul care corespunde existenței în avarie a unei puteri P_{ak}, cu probabilitatea a_k, suma :

$$S_s = \sum_{k=0}^{l} a_k t_k \qquad (10$$

redă gradul de siguranță pentru putere, ținînd seama de curba de sarcină, în care l este numărul stărilor posibile ale sistemului fără deficit de putere.

2.4. Probabilitatea totală de deficit

Probabilitatea totală de deficit sau timpul mediu de deficit datorat tuturor indisponibilităților de putere, cauzate de avarii, pentru puteri avariate mai mari decît puterea de rezervă prevăzută, se calculează cu relația :

$$d_s = \sum_{k=l+1}^{2^n} a_k t_k = 1 - S_s \qquad (11$$

și se exprimă în ore sau zile la un an sau 10 ani, n fiind numărul agregatelor din sistem.

2.5. Gradul de siguranță pentru energia necesară

Integrînd pe intervalul de timp dat (în care are loc deficitul de putere P_{dk}) produsul deficitului de putere P_{dk} cu probabilitatea a_k de a fi în avarie puterea P_{ak}, se obține energia probabilă de deficit.

Pentru cazul variației discontinue a puterii, ergia probabilă de deficit este dată de relația :

$$E_d = \sum_{k=l+1}^{2^n} E_{dk} = \sum_{k=l+1}^{2^n} a_k(P_{dk}t_k + P_{dk-1}t_{k-1} + \ldots + P_{dk-l}\,t_{k-l}). \quad (12)$$

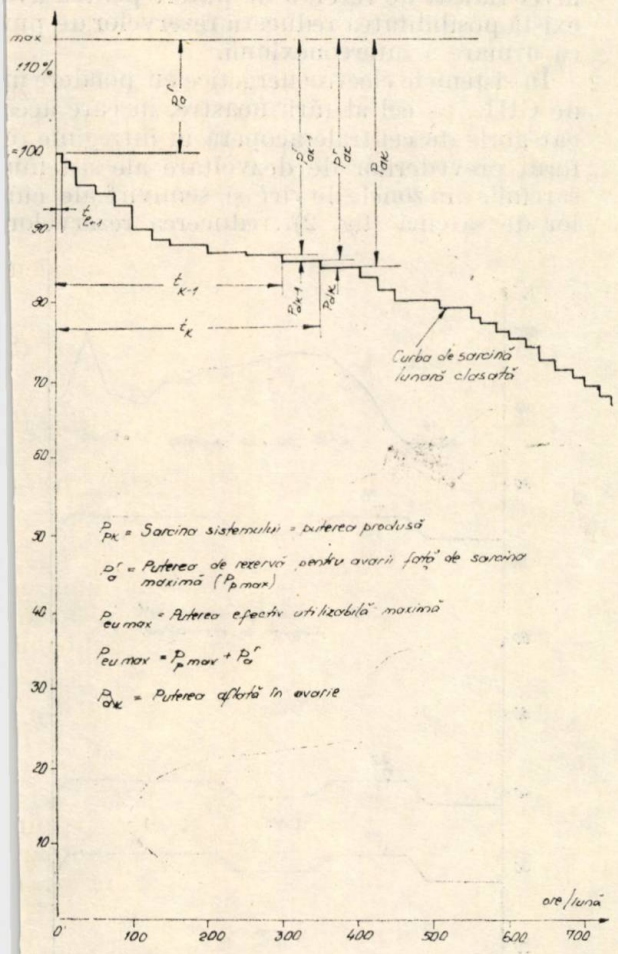


Fig. 1. Puteri în avarie și timpi de avarie.

nergia probabil asigurată E_s este dată de ția :

$$E_s = E_n - E_d, \quad (13)$$

are E_n este energia necesară a fi produsă. radul de siguranță pentru energia electrică sară a fi produsă într-un timp dat se calcu- ă cu relația :

$$S_E = \frac{E_s}{E_n}\,100(\%). \quad (14)$$

uncție de valoarea investițiilor specifice în ralele electrice și de prețul energiei de deficit, area optimă a gradului de siguranță S_E este insă între 99,90 — 99,99%.

alte țări, gradul de siguranță are altă sem- ație și deci valoarea lui nu este compara- cu cea prezentată mai sus.

U.R.S.S. consideră [3] satisfăcătoare valoarea gradului de siguranță de circa 99,6% calculată după relația :

$$S = 1 - \frac{\sigma}{T\alpha}, \quad (15)$$

în care :

σ reprezintă cheltuielile specifice impuse de rezerva suplimentară de putere (investiții și cheltuieli de exploatare) ;

α — pierderi specifice în economie din cauza deficitului de putere ;

T — timpul anului sau timpul de calcul.

Conform lucrărilor CIGRE din martie 1974 [4] în S. U. A. și în alte țări, se consideră satisfăcătoare valoarea gradului de siguranță de 99,96% rezultat din considerarea unui deficit de putere în sistem în o zi la 10 ani.

Dacă se calculează valoarea gradului de siguranță pentru sistemul electroenergetic al țării noastre după metodologia U.R.S.S. luînd în calcule : investiția specifică în centrale electrice de 7000 lei/kW, cheltuielile de exploatare suplimentare (reparații, personal etc.) de 4% pe an din investiție, costul specific al daunelor cauzate economiei de nelivrarea energiei electrice la consumatori, de 15 lei/kWh, rezultă, conform relației (15), valoarea gradului de siguranță de 99,6151%.

Dacă se calculează valoarea gradului de siguranță după metodologia S. U. A., considerînd că deficit de putere apare cel puțin în o zi la 10 zile, rezultă gradul de siguranță de 90%.

Valoarea optimă a gradului de siguranță trebuie determinată de fiecare dată cînd se stabilește soluția de dezvoltare a sistemului și este dată de valoarea gradului de siguranță în varianta care dă nivelul optim de putere instalată.

3. Influența liniilor de transport asupra participării centralelor electrice din zonele excedentare la acoperirea sarcinilor din zonele deficitare

În zonele deficitare ale unei țări, la acoperirea sarcinilor participă și centralele electrice din zonele excedentare, prin intermediul liniilor de transport.

În acest caz, energia de deficit în aceste zone deficitare, va fi conform relației :

$$E'_d = \sum_k a_k e_{dk} a'_{lk} \sum_j a_j t_j + \sum_k a_{lk} a_k e_{dk} \sum_j a'_j t'_j + \sum_k a_d e_{dk} a'_{lk} \sum_j a'_j t'_j, \quad (16)$$

în care :

e_{dk} este energia de deficit calculată cu relația :

$$e_{dk} = P_{dh}t_k + P_{dh-1}t_{k-1} + \ldots + P_{dh-l}\,t_{k-l}, \quad (17)$$

în care :
P_{dh} reprezintă puterea de deficit în zona deficitară pe timpul t_k în cazul în care în zonă este în avarie putere P_{dk} și se primește un aport de putere din zonele excedentare ;
a_j — probabilitatea ca zonele excedentare să dispună de putere pe timpul t_j pentru acoperirea deficitului din zona deficitară ;
a'_j — probabilitatea ca zonele excedentare să nu dispună de excedentul de putere pentru acoperirea deficitului din zona deficitară pe timpul t'_j ;
a_{lk} — probabilitatea ca liniile de legătură între zone să poată acoperi deficitul de putere din zona deficitară ;
a'_{lk} — probabilitatea ca liniile de legătură între zone să nu poată acoperi deficitul de putere din zona deficitară.

Capacitatea de transport optimă a liniilor electrice este aceea prevăzută în slouția care are, pe ansamblu, valoarea cheltuielilor actualizate minimă.

4. Probleme privind efectele interconexiunii

Materialul prezentat mai sus se utilizează [5] și pentru calculul eficienței interconexiunii sistemelor (diverselor țări), pentru calcule privind creșterea siguranței alimentării consumatorilor și pentru determinarea posibilităților de reducere a nivelului de putere instalată.

La funcționarea interconectată a sistemelor electroenergetice se obține, în general, creșterea gradului de siguranță a alimentării consumatorilor din fiecare din sistemele care se interconectează, pentru același nivel de putere instalată în sisteme. Posibilitatea reducerii nivelului necesar de putere instalată și a rezervelor de putere, ca urmare a interconexiunii, este funcție de structura fiecărui sistem în parte și de condițiile lui de funcționare.

În cazul prevederii unui import planificat de putere și energie se poate reduce nivelul necesar de putere instalată, în sistemul care importă, proporțional cu acest import și, respectiv, trebuie crescut nivelul de putere instalată, în sistemul care exportă energia, proporțional cu exportul.

Sistemelor interconectate li se cere să aibă rezerve de putere pentru avarii (ca valori procentuale din necesarul de produs) cît mai apropiate, pentru a putea funcționa pe sold anual neplanificat nul. Căci în cazul în care un sistem (cel vecin) are o rezervă de avarii egală cu cea optimă (la funcționarea izolată), iar celălalt sistem (propriu), are rezerva mai mică, acest sistem (propriu) care are rezerva mai mică, va găsi din ce în ce în mai puține cazuri sistemul prim (vecin) în deficit pentru a-i returna energia luată la avarii, sistemul (propriu) rămînînd, deci, cu un sold deficitar (import), neplanificat.

În cazul sistemelor electroenergetice cu p
dere mică de CHE, în care variațiile de sarc
din zonele de vîrf ale curbelor de sarcină
preluate de către centrale termoelectrice, c
au asigurată oricînd energia primară necesa
cu investiții specifice mici, ceea ce justifică
nivel ridicat de rezervă de putere pentru ava
există posibilitatea reducerii rezervelor de pu
ca urmare a interconexiunii.

În sistemele electroenergetice cu pondere m
de CHE, ca cel al țării noastre, în care acea
categorie de centrale acoperă în întregime (c
form prevederilor de dezvoltare ale sistemu
sarcinile din zonele de vîrf și semivîrf ale cu
lor de sarcină (fig. 2), reducerea rezervelor

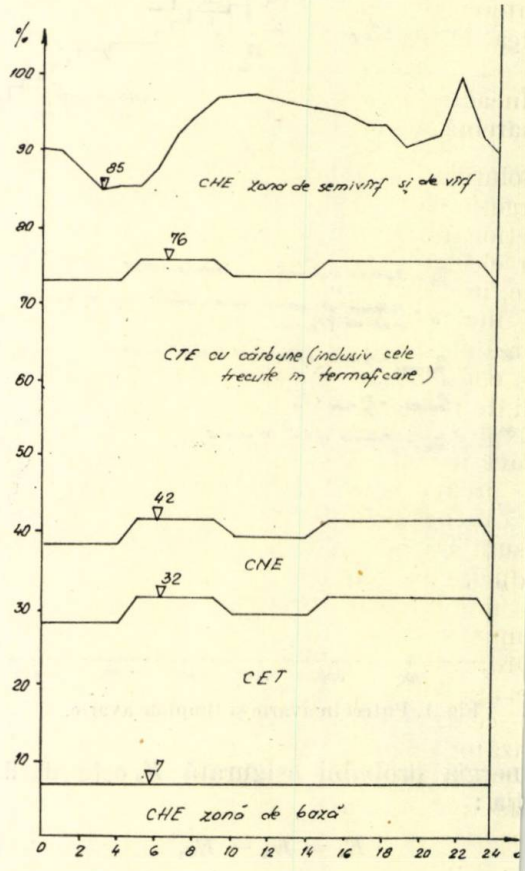


Fig. 2. Acoperirea curbei de sarcină într-o zi lucrătoare de
în jurul anului 1990, cu regim intermitent de livrare a e
termice pentru apa caldă menajeră.

putere pentru avarii, ca urmare a interconex
poate avea o valoare cel mult egală cu difer
între valoarea optimă a puterii de rezervă
tru avarii la sistemul considerat izolat și v
rea puterii medii în avarie dedusă din n
probabilităților de stare în avarie a agrega
conform relației :

$$P^r_{amin} = \frac{q_m P_{pmax}}{1 - q_m},$$

în care :

$$q_m = \frac{\Sigma n_i P_i q_i}{\Sigma n_i P_i},$$

$_{max}$ fiind puterea maximă necesară a fi produsă ;
— numărul de agregate din grupa i cu puterea itară P_i și probabilitatea de stare în avarie q_i.
De asemenea, trebuie verificat dacă prin redu-ea puterii, ca urmare a interconexiunii, cen-lele rămase mai pot acoperi producția nece-ră de energie electrică pentru a nu ajunge, în od nedorit, la un import planificat și neplani-at de energie electrică.
Într-un sistem cu agregate cu investiții spe-ice mari și durate mari ale stării în avarie a egatelor valoarea optimă a rezervelor de tere tinde spre mărimi din ce în ce mai mici, fel încît ea ar putea chiar să scadă sub valoa-lui P^r_{amin} din relația (18), nemaiexistînd, deci, ibilitatea scăderii rezervei de putere ca urmare interconexiunii, căci volumul rezervelor, ar dea, în acest caz, sub cel al avariilor.

Încadrarea centralelor electrice în curbele sarcină ale sistemului

Soluțiile de dezvoltare a sistemului electro-rgetic trebuie să conducă la condiții bune de cționare și exploatare a agregatelor, centra-r electrice și a ansamblului sistemului ener-ic, în ceea ce privește :
— încărcarea și descărcarea centralelor și aco-irea curbelor de sarcină ;
— consumul de combustibil și de alte cate-ii de resurse energetice.
Exploatarea centralelor electrice trebuie să facă în așa fel încît să se asigure ;
— producția maximă de energie electrică pen-cantitățile date de resurse energetice sau sum minim de resurse energetice pentru o ducție dată de energie electrică ;
— minimum de cheltuieli legate de reparații mate și avarii și de alte condiții de exploatare.
Ordinea de încărcare a centralelor electrice , așa cum se arată și în figura 2, următoarea :
— centralele hidroelectrice pe firul apei cores-nzător disponibilităților momentane de apă ;
— centrale termoelectrice cu sarcini impuse factori externi (termoficare), conform cerin-r acestor factori ;
— restul centralelor termoelectrice (cu com-stibil și nucleare), funcție de disponibilitatea egatelor și necesitățile sistemului ;
— centralele hidroelectrice cu lacuri de acu-lare pentru zona de vîrf și semivîrf a curbe-de sarcină, care vor funcționa în așa fel încît se asigure consumul integral de apă dispo-ilă anual și funcționarea economică a centra-r termoelectrice.

Exemple de calcul

Stabilirea nivelului necesar de putere instalată

nsiderînd producția anuală de energie electrică pe ansam-sistemului de 85 TWh/an și puterea maximă de consum sară a fi produsă de centralele electrice) de P_{max} = 0 MW, trebuie determinat nivelul necesar de putere lată .

Rezerva de putere necesară pentru reparații planificate rezultă, pe baza regulamentului de reparații, de circa 20% din puterea maximă necesară a fi produsă, ca valoare medie anuală și de 10—30% ca valori extreme.
Rezerva pentru puterea efectiv indisponibilă este funcție de hidraulicitate, modul de exploatare a lacurilor de la CHE, calitatea combustibilului, starea de curățenie a agregatelor și poate avea valori cuprinse între 20 și 35% din puterea maximă necesară a fi produsă.
Rezerva pentru hidraulicitate scăzută în anii secetoși are valoare de circa 5% din puterea maximă necesară a fi produsă.
Rezerva optimă pentru avarii se calculează luînd în considerație mai multe variante de nivel de putere instalată de investiții specifice, de preț pentru energia probabil nelivrată, conform tabelului 1 și figurii 3.

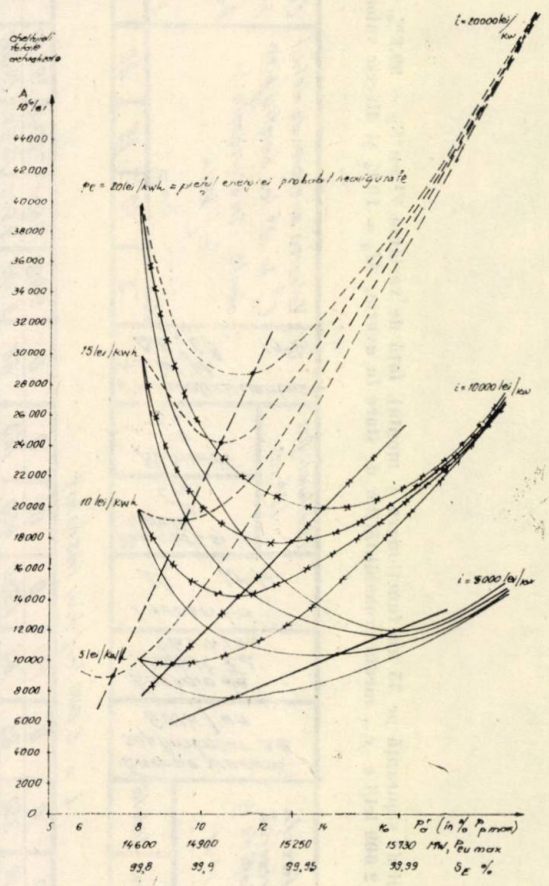


Fig. 3.Calculul economic al rezervelor de putere și al gradului de siguranță pe 35 de ani de funcționare + montajul, față de varianta V_1 cu S_E=85 TWh/an, P_{pmax} = 13500 MW, c_s = —380g c.c./kWh, p_c= 2000 lei/t c.c., media probabilităților de stare în avarie, M_q = 10% și diverse valori ale investiției, i.

Pentru investiția specifică de 10000 lei/kW și prețul energiei probabil nelivrate de 15 lei/kWh, rezultă valoarea optimă a rezervei pentru avarii în cazul mediei probabilităților de stare în avarie a agregatelor de 10% de 13% din puterea maximă necesară a fi produsă. Pentru aceeași valoare medie a probabilităților de stare în avarie a agregatelor de 10% rezerva optimă pentru avarii tinde spre valori de 10% din puterea maximă necesară a fi produsă, în cazul în care investiția specifică crește peste 20000 lei/kW sau $p_e < 15$ lei/kWh.
Rezerva pentru sarcină are valoarea de circa 1,2% din puterea maximă necesară a fi produsă.
Pentru valoarea soldului de import-export egal zero rezultă nivelul necesar de putere instalată :

$$P_i = \frac{100 + (10 \div 30) + (20 \div 30) + 5 + (10 \div 13) + 1{,}2}{100}$$

$$\cdot P_{pmax} = (1{,}462 \div 1{,}792) \times 13500 = 19700 \div 24200 \text{ MW}.$$

Tabelul 1

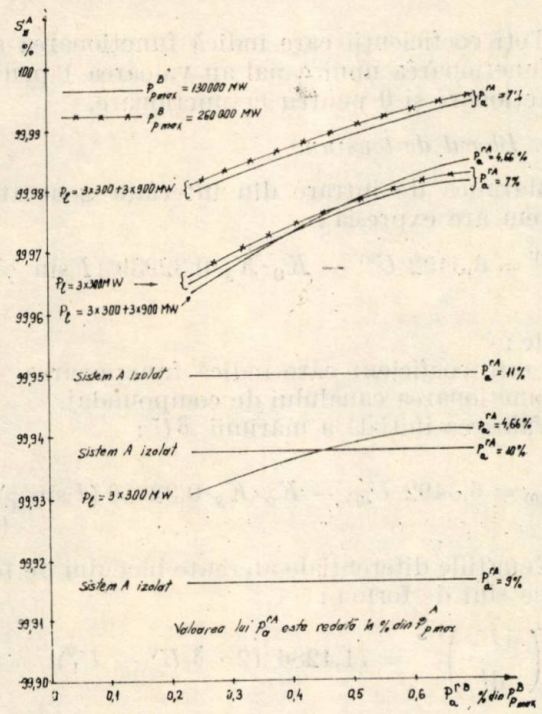
Calculul economic al rezervelor de putere și al gradului de siguranță pe 35 ani funcționare + montaj, față de varianta V^1 cu $S_E = 99{,}8\%$, pentru $E_p = 85$ TWh/an, $P_{pmax} = 13\,500$ MW, $C_s = 380$ g c. c./kWh, $p_c = 2\,000$ lei/t c. c., media probabilităților de stare în avarie, $M_q = 10\%$ și diverse valori ale investiției specifice, i.

Varianta cu S_E în %	Putere efectiv utilizabilă max. MW	Rezerva de avarii % din P_{max}	Diferența de rezervă față de V_1 MW: Avarii	Diferența de rezervă față de V_1 MW: Totală	Energie produsă suplimentar ΔE GWh/an	Energie de deficit E_d GWh/an	Investiția I^A 10^6 lei	Cheltuieli fixe 10^6 lei: Reparații și întreț. C_{rA}^A	Cheltuieli fixe 10^6 lei: Retribuții C_r^A	Cheltuieli cu combustibilul ΔE, C_c^A, 10^6 lei	Valoarea energiei de deficit C_d^A în 10^6 lei pentru pierderile în economie în lei/kWh pe = 5	pe = 10	pe = 15	pe = 20	Cheltuieli totale actualizate în 10^6 lei $A = I^A + C_{rA}^A + C_r^A + C_c^A + C_d^A$ pentru pe = lei/kWh: 5	10	15	20
i = 5.000 lei/kW instalat																		
V_1^1 (S_E = 99,8)	14.600	8	0	0	0	170	0	0	0	0	9.900	19.800	29.700	39.600	9.900	19.800	29.700	39.600
V_2^1 (S_E = 99,9)	14.900	10	300	350	85	85	1.920	450	163	65	5.000	9.900	14.900	19.800	7.598	12.498	17.498	22.398
V_3^1 (S_E = 99,95)	15.250	13	650	750	127	42	4.100	970	430	96	2.500	4.900	7.400	9.600	8.096	10.496	12.996	15.196
V_4^1 (S_E = 99,99)	15.730	16,5	1.130	1.300	162	8,5	7.150	1.670	850	123	500	990	1.490	1.980	10.293	10.783	11.283	11.773
V_5^1 (S_E = 99,995)	16.200	20	1.600	1.840	165	4,2	10.100	2.370	1.450	125	250	490	740	980	14.295	14.535	14.785	15.025
i = 10.000 lei / kW instalat																		
V_1^2 (S_E = 99,8)	14.600	8	0	0	0	170	0	0	0	0	9.900	19.800	29.700	39.600	9.900	19.800	29.700	39.600
V_2^2 (S_E = 99,9)	14.900	10	300	350	85	85	3.840	900	163	65	5.000	9.900	14.900	19.800	9.968	14.868	19.868	24.768
V_3^2 (S_E = 99,95)	15.250	13	650	750	127	42	8.200	1.940	430	96	2.500	4.900	7.400	9.600	13.166	15.566	18.066	20.266
V_4^2 (S_E = 99,99)	15.730	16,5	1.130	1.300	162	8,5	14.300	3.340	850	123	500	990	1.490	1.980	19.113	19.603	20.103	20.593
V_5^2 (S_E = 99,995)	16.200	20	1.600	1.840	165	4,2	20.200	4.740	1.450	125	250	490	740	980	26.765	27.005	27.256	27.495
i = 20.000 lei / kW instalat																		
V_1^3 (S_E = 99,8)	14.600	8	0	0	0	170	0	0	0	0	9.900	19.800	29.700	39.600	9.900	19.800	29.700	39.600
V_2^3 (S_E = 99,9)	14.900	10	300	350	85	85	7.680	1.800	163	65	5.000	9.900	14.900	19.800	14.708	19.608	24.508	29.508
V_3^3 (S_E = 99,95)	15.250	13	650	750	127	42	16.400	3.880	430	96	2.500	4.900	7.400	9.600	23.306	25.706	28.206	30.406
V_4^3 (S_E = 99,99)	15.730	16,5	1.130	1.300	162	8,5	28.600	6.680	850	123	500	990	1.490	1.980	36.753	37.243	37.743	38.233
V_5^3 (S_E = 99,995)	16.200	20	1.600	1.840	165	4,2	40.400	9.480	1.450	125	250	490	740	980	51.705	51.945	52.195	52.435

.2. Efecte ale interconexiunii

Cînd nu există limitări în circulația de putere prin rețeaua nternă a unei țări, această țară va putea prelua putere din sis-emele electroenergetice ale țărilor vecine, dacă acestea dispun e putere suficientă, la nevoie pînă la un nivel egal cu capaci-atea de transport a liniilor de interconexiune.

În figura 4 se prezintă, în baza calculelor făcute în cadrul tudiilor de dezvoltare a ansamblului sistemului electroener-etic național, variația gradului de siguranță (S_E) în cazul func-onării interconectate a unui sistem electroenergetic A cu o



g. 4. Variația gradului de siguranță în sistemul propriu (A) ncție de rezerva de putere pentru avarii în acest sistem (P_a^{rA}), rezerva de putere în sistemul cu care funcționează inter-nectat (P_a^{rB}), de capacitatea de transport a liniilor de inter-nexiune, de puterea maximă necesară a fi produsă în siste-ul B(P_{pmax}^{B}), pentru puterea maximă de produs (P_{pmax}^{A}) în stemul A de 13 000 MW și media probabilităților de stare în avarie a agregatelor de $M_q = 9\,\%$.

tere maximă necesară a fi produsă $p_{pmax}^{A} = 13\,000$ MW cu alt sistem B, cu o putere maximă necesară a fi produsă ezentată în două variante, $p_{pmax}^{B} = 130000$ MW și respectiv 0000 MW.

Se constată din această figură creșterea gradului de sigu-nță în sistemul A (considerat cel propriu) funcție de :

— creșterea mărimii sistemului cu care se interconectează ;

— valoarea rezervelor din cele două sisteme ;

— capacitatea de transport a liniilor de interconexiune.

În figura 5 se prezintă consumul de energie necesar și posi-a fi schimbat, ca ajutor de avarie în cadrul schimburilor planificate de energie între cele două sisteme electroener-tice.

Se constată din figura 5 (curbele A1 și A2 și curbele B1 și) că atunci cînd cele două sisteme au puteri de rezervă pen-avarii, exprimate în procente din puterea maximă de con-n, egale, fiecare sistem primește de la sistemul vecin sau cedează acestuia energie în funcție de situația din cele două sisteme. Sistemul mai mare, avînd nevoie de mai multă cantitate de energie de schimb, poate să preia de la sistemul vecin mai multă energie, astfel încît schimbul se poate echilibra cu mai multă ușurință. În schimb, în cazul în care sistemul B (cel mare) are o rezervă de putere pentru avarii relativ satisfăcătoare(de circa 10%din puterea de consum), iar în sistemulA(cel mic) rezerva de putere pentru avarii scade, treptat, de la 10%

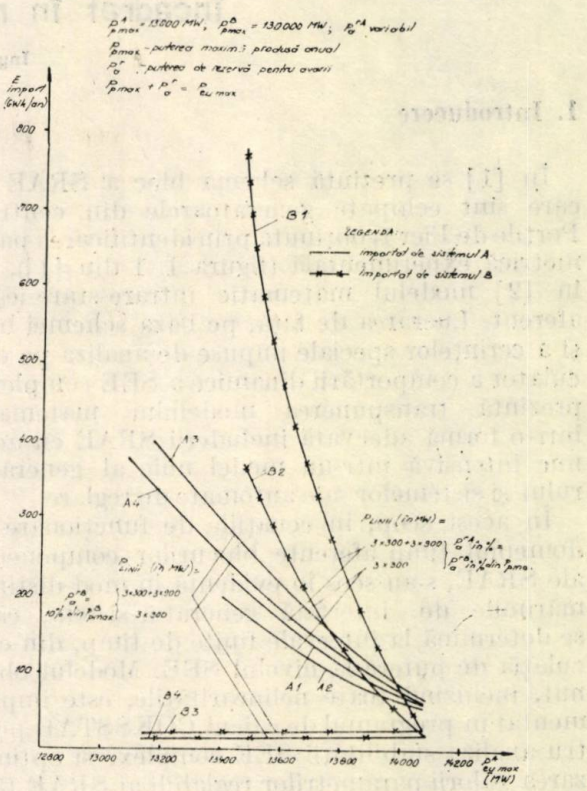


Fig. 5. Evoluția energiei importate de sistemele interconectate funcție de puterea efectiv utilizabilă maximă a sistemelor și de capacitatea de transport a liniilor de interconexiune.

la zero la sută, se constată (curbele A3, A4 și curbele B 3 și B4) că sistemul A are nevoie din ce în ce de mai multă energie din sistemul vecin, pe cînd acesta, pe de o parte are nevoie de un consum relativ mic de energie, iar cînd are nevoie nu o poate prelua, deoarece găsește din ce în ce în cazuri mai puține sistemul A cu excedent de putere.

Bibliografie

[1] L u p, L. *Development de l'ensemble des centrales electriques.* În : Buletinul ISPE, nr. 3/1979, p. 55—65.

[2] L u p, L. *Indici de disponibilitate la agregatele din centralele electrice.* În : Energetica, 30, nr. 6/1982, p. 260—265.

[3] L i a l i k, G. N., U r v a n ț e v, V. I. *Opredelenie avariunovo rezerva moscinosti na baze universalnih harakteristik udelnovo rezerva.* În : Electriceskie stanții, nr. 1/1972, p. 26—30.

[4] *** *Lucrările Sesiunii CIGRE 1974.*

[5] L u p, L., V â l c e r e a n u, Gh. *Efectul interconexiunii cu sistemele vecine asupra siguranței în funcționare a sistemelor interconectate.* Simpozionul „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", București, 13—14 octombrie, 1977.

(Primit la 26 ianuarie 1983, acceptat la 21 noiembrie 1983)

Implementarea sistemului de reglare automată a excitației (SRAE) aferent generatoarelor din centrala Porțile de Fier 1, în programul de calcul pentru analiza regimurilor dinamice ale sistemelor electroenergetice (SEE) complexe. Partea I. Modelul matematic al SRA încadrat în modelul generatorului

Ing. Ștefan Kilyeni*

1. Introducere

În [1] se prezintă schema bloc a SRAE cu care sînt echipate generatoarele din centrala Porțile de Fier 1, obținută prin identificarea parametrică experimentală (figura I. 1 din [1]), iar în [2] modelul matematic intrare-stare-ieșire aferent. Lucrarea de față, pe baza schemei bloc și a cerințelor speciale impuse de analiza pe calculator a comportării dinamice a SEE complexe, prezintă transpunerea modelului matematic într-o formă adecvată includerii SRAE cu acțiune intensivă într-un model unic al generatorului și sistemelor sale automate de reglare.

În acest scop, în ecuațiile de funcționare în domeniul timp aferente blocurilor componente ale SRAE, s-au scos în evidență în mod distinct mărimile de interfață generator-sistem, care se determină la intervale finite de timp, din circulația de putere la nivelul SEE. Modelul obținut, incluzînd toate nelinearitățile, este implementat în programul de calcul COKSSTAB pentru analiza stabilității SEE complexe și optimizarea valorii parametrilor reglabili ai SRAE [3].

2. Detalierea modelului matematic al SRAE în domeniul linear

Pe baza schemei SRAE ([1], figura I. 1), se prezintă în continuare relațiile care descriu funcționarea tuturor blocurilor și ale ansamblului SRAE în domeniul linear, aduse la o formă adecvată pentru încadrarea în modelul generatorului, aplicării algoritmului de analiză a regimurilor dinamice [3] și transpunerii pe calculator în condiții optime (în sensul minimizării timpului de calcul și a memoriei interne utilizate).

În relațiile care urmează, toate mărimile cu indicele (0) se referă la regimul staționar inițial (RSI) al sistemului analizat, corespunzător momentului 0^- pe scara timpului.

Mărimile care nu au indicată unitatea de măsură se consideră că sînt date în unități relative sistem (u. r. s.). Acesta este sistemul de unități relative, cu mărimi de bază unice, la nivel de sistem, $\left(U_b^{kV},\ S_b^{MVA},\ \omega_b^{rad/s} = \omega_n = 314,\ t_b^s = \frac{1}{\omega_b}\right)$, utilizat la analiza regimurilor dinamice [3].

* Șef. lucr. ing. Kilyeni Ștefan este cadru didactic la Institutul Politehnic „Traian Vuia" din Timișoara, Facultatea de electrotehnică, Catedra de electroenergetică.

Toți coeficienții care indică funcționarea sa nefuncționarea unui canal au valoarea 1 pentr funcționare și 0 pentru nefuncționare.

2.1. Blocul de tensiune

Mărimea de intrare din interfața generato sistem are expresia :

$$\delta U^V = 6{,}3492\ U^{kV} - K_Q \cdot K_S \cdot 0{,}32939\ (I \sin \varphi)^k \quad (1$$

unde :
K_Q este coeficient care indică funcționarea sa nefuncționarea canalului de compoundaj.
Valoarea inițială a mărimii δU :

$$\delta U_{(0)} = 6{,}3492\ U_{(0)} - K_Q \cdot K_S \cdot 0{,}32939\ (I \sin \varphi)_{(0)} \quad (1$$

Ecuațiile diferențiale aferente blocului de te siune sînt de forma :

$$*\left(\frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}t}\right)^{V/S} = 71{,}4286\ (2 \cdot \delta U^V - U_1^V), \quad (2$$

cu valoarea inițială a mărimii U_1 :

$$U_{1(0)} = 2\ .\ \delta U_{(0)} \quad (2$$

$$*\left(\frac{\mathrm{d}i_{U'}}{\mathrm{d}t}\right)^{mA/S} = \frac{381{,}679}{n_{U'}}\ \cdot$$

$$\cdot\left[0{,}6 \cdot 10^{-3}\ n_{U'}\left(\frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}t}\right)^{V/s} - (i_{U'})^{mA}\right] \quad (3$$

cu valoarea inițială a mărimii $i_{U'}$:

$$i_{U'(0)} = 0{,}6 \cdot 10^{-3}\ n_{U'}\left(\frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}t}\right)_{(0)} = 0 \quad (3$$

Curentul proporțional cu abaterea tensiuni

$$*\ i_{\Delta U}^{mA} = K_{\Delta U}\,(U_1^V - U_C^V) \quad (4$$

cu valoarea inițială :

$$i_{\Delta U(0)} = K_{\Delta U}(U_{1(0)} - U_C). \quad (4$$

Notînd cu $K_{U'}$, coeficientul de funcționare canalului derivatei tensiunii, curentul care intr în sumator din partea blocului de tensiune a expresia :

$$*\ i_{U\Sigma}^{mA} = -2\,(i_{\Delta U}^{mA} + K_{U'} \cdot i_{U'}^{mA}). \quad (5$$

2.2. *Blocul de frecvență*

Ecuațiile diferențiale care descriu funcționarea blocului de frecvență sînt următoarele :

$$\left(\frac{\mathrm{d}\beta}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{rad/s}} = \frac{1}{T_\beta^s}(\beta_f^{\mathrm{rad}} - \beta^{\mathrm{rad}});$$

$$\left(\frac{\mathrm{d}\beta}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{Hz}} = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{\mathrm{d}\beta}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{rad/s}}, \quad (6)$$

$$\left(\frac{\mathrm{d}u_{\Delta f}}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{V/s}} = 7{,}14286\left[\frac{45}{2\pi}\left(\frac{\mathrm{d}\beta}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{rad/s}} - U_{\Delta f}^{\mathrm{V}}\right], \quad (7)$$

$$*\left(\frac{\mathrm{d}i_{\Delta f}}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{mA/s}} = \frac{1}{0{,}81 + 0{,}0126\ n_{\Delta f}} \cdot$$

$$\cdot\left[3\cdot 10^{-3}\ n_{\Delta f}\left(\frac{\mathrm{d}U_{\Delta f}}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{V/s}} - i_{\Delta f}^{\mathrm{mA}}\right], \quad (8)$$

$$*\left(\frac{\mathrm{d}i_{\Delta f'}}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{mA/s}} = \frac{400}{n_{\Delta f'}} \cdot$$

$$\left[0{,}605\cdot 10^{-3}\ n_{\Delta f'}\left(\frac{\mathrm{d}U_{\Delta f}}{\mathrm{d}t}\right) - i_{\Delta f'}^{\mathrm{mA}}\right], \quad (9)$$

u valorile inițiale ale variabilelor :

$$\beta_{(0)} = \beta_{f(0)}, \quad (6')$$

$$u_{\Delta f(0)} = \frac{45}{2\pi}\left(\frac{\mathrm{d}\beta}{\mathrm{d}t}\right)_{(0)} = 0, \quad (7')$$

$$i_{\Delta f(0)} = 3\cdot 10^{-3}\ n_{\Delta f}\left(\frac{\mathrm{d}u_{\Delta f}}{\mathrm{d}t}\right)_{(0)} = 0, \quad (8')$$

$$i_{\Delta f'(0)} = 0{,}605\cdot 10^{-3}\ n_{\Delta f'}\left(\frac{\mathrm{d}u_{\Delta f}}{\mathrm{d}t}\right)_{(0)} = 0. \quad (9')$$

Notînd cu $K_{\Delta f}$ și $K_{\Delta f'}$ coeficienții de funcțio-re ai canalelor respective și cu K_{RF} coeficien-l stării releului de frecvență, curentul care tră în sumator din partea blocului de frecvență e expresia :

$$i_{f\Sigma}^{\mathrm{mA}} = 3.K_{RF}\,(K_{\Delta f}\cdot i_{\Delta f}^{\mathrm{mA}} + 2\cdot K_{\Delta f'}\cdot i_{\Delta f'}^{\mathrm{mA}}). \quad (10)$$

2.3. *Blocul curentului rotoric*

În cazul reprezentării generatorului sincron cîte o înfășurare suplimentară după fiecare ă rotorică curentul de excitație are expresia] :

$$i_E = \frac{1}{R_E\,(1 + T'_{do}\,S)\,(1 + T''_{do}\cdot S)} \cdot$$

$$(1 + T_D\,S)U_E + X_{dh}\,(1 + T'_D\,S)S\ .\ I_d]. \quad (11)$$

Toate mărimile din relația (11) sînt în u. r. s., valori corespunzătoare pentru n grupuri iden-e legate în paralel. Pentru a obține expresia curentului de excitație cu mărimile i_E în A și u_E în V, se au în vedere relațiile dintre mărimile nominale determinate în u. r. s. la regim nominal și valoarea acestora în unități absolute ($i_{En} = 1800$ A, $u_{En} = 375$ V) :

$$\frac{u_E}{u_{En}} = \frac{u_E^{\mathrm{V}}}{u_{En}^{\mathrm{V}}} = \frac{u_E^{\mathrm{V}}}{375}; \quad \frac{i_E}{i_{En}} = \frac{i_E^{\mathrm{A}}}{i_{En}^{\mathrm{A}}} = \frac{i_E^{\mathrm{A}}}{1800}, \quad (12)$$

$$u_{En} = i_{En}\,R_E.$$

Înlocuind relațiile (12) în relația (11) rezultă :

$$I_E^{\mathrm{A}} = \frac{1}{(1 + T'_{do}\,S)\,(1 + T''_d\,S)}\,[4{,}8\,(1 +$$

$$+ T_D\,S)u_E^{\mathrm{V}} + \frac{1800\ X_{dh}\,(1 + T'_D\,S)\cdot S\cdot I_d}{u_{En}}] \quad (13)$$

În relația (13), operatorul S este exprimat în u. r. s. :

$$S^{\mathrm{u.r.s.}} = \frac{1}{314}\,S^{1/\mathrm{s}}. \quad (14)$$

Relației (13) îi corespunde schema bloc din [2], figura II. 2. Pe baza acestei scheme, rezultă următoarele ecuații diferențiale :

$$*\left(\frac{\mathrm{d}\,x_1}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{A/s}} = \frac{314}{T'_{do}}(4{,}8\ u_E^{\mathrm{V}} - x_1^{\mathrm{A}}). \quad (15)$$

$$*\left(\frac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{A/s}} = \frac{314}{T''_{do}}\left[x_1^{\mathrm{A}} - x_2^{\mathrm{A}} + \frac{T_D}{314}\left(\frac{\mathrm{d}x_1}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{A/s}}\right]. \quad (16)$$

Conform schemei menționate s-a admis că I_d se modifică în cadrul unui pas de integrare, între două valori consecutive calculate din circulația de putere, spre valoarea I_{df} rezultată la pasul respectiv, cu o întîrziere de ordinul I, caracterizată prin constanta de timp T_{Id}. Rezultă :

$$*\left(\frac{\mathrm{d}I_d}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{u.r.s./s}} = \frac{1}{T_{Id}^s}(I_{df} - I_d). \quad (17)$$

În continuare :

$$*\left(\frac{\mathrm{d}x_3}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{A/s}} = \frac{314}{T'_{do}}\left[\frac{1800\ X_{dh}}{314\cdot u_{En}}\left(\frac{\mathrm{d}I_d}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{u.r.s./s}} - x_3^{\mathrm{A}}\right]. \quad (18)$$

$$*\left(\frac{\mathrm{d}x_4}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{A/s}} = \frac{314}{T''_d}\left[x_3^{\mathrm{A}} - x_4^{\mathrm{A}} + \frac{T'_D}{314}\left(\frac{\mathrm{d}x_3}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{A/s}}\right]. \quad (19)$$

Curentul de excitație are expresia :

$$I_E^{\mathrm{A}} = B\,(x_2 + x_4), \quad (20)$$

unde valoarea lui B (1 sau 0) este condiţionată de blocul de limitare inferioară a lui I_E ($I_E \leqslant 0$).

Ecuaţia blocului curentului rotoric rezultă :

$$* \left(\frac{\mathrm{d}i_{rot}}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{mA/s}} = \frac{1}{0{,}052 + 1{,}29 \cdot 10^{-3}\, n_{I_{rot}}} \cdot$$

$$\cdot \left\{1{,}2 \cdot 10^{-5}\, n_{I_{rot}} + B\left[\left(\frac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{A/s}} + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \left(\frac{\mathrm{d}x_4^{\mathrm{A/s}}}{\mathrm{d}t}\right)\right] - i_{rot}^{\mathrm{mA}}\right\} \cdot \qquad (21)$$

Valorile iniţiale ale variabilelor :

$$x_{1(0)} = x_{2(0)} = 4{,}8\, u_{E(0)}^{\mathrm{V}} \qquad (15\,;\,16')$$

$$I_{d(0)} = I_{df(0)} \qquad (17')$$

$$x_{3(0)} = x_{4(0)} = 0 \qquad (18\,;\,19')$$

$$I_{E(0)}^{\mathrm{A}} = 4{,}8\, u_{E(0)}^{\mathrm{V}} \qquad (20')$$

$$i_{rot(0)} = 0 \qquad (21')$$

Curentul care intră în sumator din partea canalului curentului rotoric :

$$* \, i_{rot\,\Sigma}^{\mathrm{mA}} = -\, 3\, K_{I_{rot}} \cdot i_{rot}, \qquad (22)$$

unde $K_{I_{rot}}$ este coeficientul de funcţionare al canalului.

2.4. Blocul reacţiilor interne

Canalul reacţiei rigide introduce în sumator curentul :

$$* \, i_{RIR}^{\mathrm{mA}} = 1{,}4 \cdot 10^{-4}\, n_{RIR}\, (u_E^{\mathrm{V}} - 285). \qquad (23)$$

Canalul reacţiei elastice determină curentul i_{RIE}, care se poate separa în două componente caracterizate prin următoarele relaţii :

$$i_{RIE}^{\mathrm{mA}} = i_{RIE\,1}^{\mathrm{mA}} + i_{RIE\,2}^{\mathrm{mA}} \qquad (24)$$

$$* \, i_{RIE\,1}^{\mathrm{mA}} = 8{,}02778 \cdot 10^{-5}\, n_{RIE}\, (u_E^{\mathrm{V}} - 285) \qquad (25)$$

$$* \left(\frac{\mathrm{d}i_{RIE\,2}}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{mA/s}} = 41{,}6667 \cdot$$

$$\cdot [-\, 8{,}02778 . 10^{-5}\, n_{RIE}\, (u_E^{\mathrm{V}} - 285) - i_{RIE\,2}^{\mathrm{mA}}] \qquad (26)$$

Valorile iniţiale ale curenţilor din blocul reacţiilor interne rezultă :

$$i_{RIR(0)} = 1{,}4 \cdot 10\; n_{RIR}\, (u_{E(0)} - 285), \qquad (23')$$

$$i_{RIE\,1(0)} = 8{,}02778\; n_{RIE} \cdot 10^{-5}\, (u_{E(0)} - 285), \qquad (25$$

$$i_{RIE\,2(0)} = -\, i_{RIE\,1(0)}. \qquad (26$$

$$i_{RIE(0)} = 0 \qquad (24$$

Notînd cu K_{RIE} şi K_{RIR} coeficienţii de funcţi nare pentru cele două canale de reacţie, curer tul de reacţie rezultant ce intră în sumator ar expresia :

$$* \, i_{RI\Sigma}^{\mathrm{mA}} = -\, (K_{RIR} \cdot i_{RIR}^{\mathrm{mA}} + K_{RIE}\, i_{RIE}^{\mathrm{mA}}). \qquad (2$$

2.5. Blocul forţare prin relee

Se caracterizează prin ecuaţia diferenţială :

$$* \left(\frac{\mathrm{d}i_R}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{mA/s}} = 1618{,}605 - 58{,}1395\; i_R \quad (2$$

Valoarea iniţială a curentului i_R, în mome tul conectării releului de forţare :

$$i_{R(0)} = 55{,}68 \text{ mA}. \qquad (28$$

Valoarea staţionară cu releul deschis :

$$i_{R(0)D}^{\mathrm{mA}} = 0. \qquad (28$$

Notînd cu K_R coeficientul funcţionării can lului, iar cu K_{FR} poziţia releului. curentul ca intră în sumator are expresia :

$$* \, i_{R\Sigma}^{\mathrm{mA}} = 2\, K_R\, K_{FR} \cdot i_R. \qquad (2$$

2.6. Blocul limitare excitaţie minimă

Se caracterizează prin ecuaţia diferenţial

$$* \left(\frac{\mathrm{d}i_{LEM}}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{mA/s}} = aI_r - bi_{LEM}^{\mathrm{mA}}, \qquad (3$$

unde : — pentru $\dfrac{\mathrm{d}I_r}{\mathrm{d}t} \geqslant 0$ $\begin{cases} a = 0{,}187429 \\ b = 1{,}14286 \end{cases}$

— pentru $\dfrac{\mathrm{d}I_r}{\mathrm{d}t} < 0$ $\begin{cases} a = 0{,}607407 \\ b = 3{,}7037 \end{cases}$

Dacă canalul este blocat, $i_{LEM(0)} = 0$, (3 iar dacă este deblocat, $i_{LEM(0)} = 0{,}164\, I_r$. (3

Notînd cu K_{LEM} coeficientul de funcţionare canalului, valoarea curentului introdus în sum tor rezultă :

$$* \, i_{LEM\Sigma} = 6 \cdot K_{LEM} \cdot i_{LEM}. \qquad (3$$

2.7. Blocul de comandă-execuţie

Se caracterizează prin ecuaţia diferenţială:

$$* \left(\frac{\mathrm{d}u_{E1}}{\mathrm{d}t}\right)^{\mathrm{V/s}} = \frac{1}{0{,}125 + 0{,}0125 \cdot n_{RA}} \cdot \cdot [5906{,}25\, i_{\Sigma}^{\mathrm{mA}} - u_{E1}^{\mathrm{V}}], \quad (32)$$

unde curentul din sumator i_Σ are expresia (suma relaţiilor 5, 10, 22, 27, 29, 31):

$$i_{\Sigma}^{\mathrm{mA}} = -2(i_{\Delta u} + K'_u\, i'_u) - 3 \cdot K_{RF}(K_{\Delta f}\, i_{\Delta f} + +2K_{\Delta f'}\, i_{\Delta f'}) - 3K_{rot} \cdot i_{rot} - (K_{RIR}\, i_{RIR} + K_{RIE}\, i_{RIE}) + + 2K_R\, K_{FR} \cdot i_R + 6K_{LEM} \cdot i_{LEM} \cdot \quad (33)$$

Valorile iniţiale ale variabilelor:

$$u_{E1(0)} = 5906{,}25\, i_{\Sigma(0)}. \quad (32')$$

$$i_{\Sigma(0)} = -2\, i_{\Delta U(0)} - K_{RIR}\, i_{RIR(0)} + 6\, K_{LEM} \cdot i_{LEM}. \quad (33')$$

Mărimea principală de ieşire a regulatorului, tensiunea de excitaţie, are expresia:

$$u_E^{\mathrm{V}} = u_{E1}^{\mathrm{V}} + 285. \quad (34)$$

2.8. Relaţiile finale

În relaţia matricială (35) se sintetizează ecuaţiile diferenţiale care descriu comportarea SRAE în domeniul linear, încadrate în modelul matematic al ansamblului generator sincron [3] + SRAE + sistem automat de reglare al vitezei (SRAV).

$$\left[\frac{\mathrm{d}Y}{\mathrm{d}t}\right] = [A]\,[Y]_1 + [B]\left[\frac{\mathrm{d}Y}{\mathrm{d}t}\right]_2 + [C]\,[Z], \quad (35)$$

unde:

$\left[\frac{\mathrm{d}Y}{\mathrm{d}t}\right]$ reprezintă vectorul coloană al derivatelor de ordinul I, al variabilelor integrabile, de dimensiuni $[32 \times 1]$;

$[Y]_1$ — vectorul coloană al variabilelor integrabile legate de procesele electromagnetice şi mecanice din generator, SRAE şi SRAV şi a unor combinaţii dintre ele $[32 \times 1]$;

$\left[\frac{\mathrm{d}Y}{\mathrm{d}t}\right]_2$ — vectorul coloană ajutător cuprinzînd unele dintre componentele vectorului $\frac{\mathrm{d}Y}{\mathrm{d}t}$ $[8 \times 1]$;

$[Z]$ — vectorul coloană al variabilelor neintegrabile, ale cărei componente rămîn nemodificate între două momente de determinare a circulaţiei de puteri $[7 \times 1]$;

$[A]$, $[B]$, $[C]$ — matrice de coeficienţi, de dimensiuni corespunzătoare, ale căror elemente sînt constante, condiţionate de blocurile nelineare ale SRAE şi SRAV sau dependente de saturaţie (cele dependente de saturaţie se recalculează la fiecare determinare a circulaţiei de puteri).

$$\left[\frac{dY}{dt}\right] = \begin{bmatrix} 1 & d\beta/dt & Hz \\ 2 & du_{\Delta f}/dt & V/s \\ 3 & di_{\Delta f}/dt & mA/s \\ 4 & di_{\Delta f'}/dt & mA/s \\ 5 & dU_1/dt & V/s \\ 6 & di_U'/dt & mA/s \\ 7 & dx_1/dt & A/s \\ 8 & dx_2/dt & A/s \\ 9 & dId/dt & \\ 10 & dx_3/dt & A/s \\ 11 & dx_4/dt & A/s \\ 12 & di_{rot}/dt & mA/s \\ 13 & di_{RIE2}/dt & mA/s \\ 14 & di_E/dt & mA/s \\ 15 & di_{LEM}/dt & mA/s \\ 16 & dU_{E1}/dt & V/s \\ 17 & dE_d''/dt & \\ 18 & dE_q'/dt & \\ 19 & dE_q''/dt & \\ 20 & d\omega/dt & \\ 21 & d\delta/dt & \\ 22 & dy_1/dt & \\ 23 & dy_2/dt & \\ 24 & dy_3/dt & \\ 25 & dP_{m2}/dt & \\ 26 & dy_4/dt & \\ 27 & dy_5/dt & \\ 28 & d\varphi_1/dt & \end{bmatrix} \quad (36)$$

$$
[Y]_1 = \begin{array}{|l|l|l|l|}
\hline
1 & \beta & & rad \\
2 & u_{\Delta f} & * & V \\
3 & i_{\Delta f} & *** & mA \\
4 & i_{\Delta f}' & *** & mA \\
5 & u_1 & & V \\
6 & i_{u'} & & mA \\
7 & X_1 & & A \\
8 & X_2 & & A \\
9 & Id & & urs \\
10 & X_3 & & A \\
11 & X_4 & & A \\
12 & i_{rot} & * & mA \\
13 & i_{RIE_2} & & mA \\
14 & i_R & *** & mA \\
15 & i_{LEM} & *** & mA \\
16 & u_{E1} & * & V. \\
17 & E_d'' & & u.r.s. \\
18 & E_q' & & u.r.s. \\
19 & E_q'' & & u.r.s. \\
20 & \omega & & u.r.s. \\
21 & y_1 & & u.r.n. \\
22 & y_2 & & u.r.n. \\
23 & y_3 & * & u.r.n. \\
24 & P_{m2} & & u.r.n. \\
25 & y_6 & & u.r.n. \\
26 & y_7 & * & u.r.n. \\
27 & y_8 & * & u.r.n. \\
28 & u_E & ** & V \\
29 & i_\Sigma & & mA \\
30 & \frac{P_m - p}{\omega} & & u.r.s. \\
31 & y_9 & * & u.r.n. \\
32 & y_{10} & & u.r.n. \\
\hline
\end{array} \qquad (37)
$$

Modelul matematic al ansamblului generator + SRAE + SRAV în domeniul linear cuprinde un număr de 28 de ecuaţii diferenţiale de ordinul I, dintre care 3 corespund proceselor electromagnetice din generator, două mişcării rotoarelor, 16 funcţionării SRAE şi 7 funcţionării SRAV.

$$
\left[\frac{dY}{dt}\right]_2 = \begin{array}{|l|l|l|l|}
\hline
1 & d\beta/dt & & rad/s \\
2 & dU_{\Delta f}/dt & * & V/s \\
3 & dU_1/dt & & V/s \\
4 & dx_1/dt & & V/s \\
5 & dId/dt & & urs/s \\
6 & dx_3/dt & & A/s \\
7 & dx_2/dt & & A/s \\
8 & dx_4/dt & & A/s \\
\hline
\end{array} \qquad (38)
$$

$$
[Z] = \begin{array}{|l|l|l|l|}
\hline
1 & \beta f & & rad \\
2 & \delta U & & V \\
3 & Idf & & urs. \\
4 & 1 & & - \\
5 & I_r & *** & u.r.n. \\
6 & Ud & & u.r.s. \\
7 & Uq & & urs. \\
\hline
\end{array} \qquad (39)
$$

Expresiile detaliate ale vectorilor coloană şi matricelor de coeficienţi din relaţia (35) sînt prezentate în relaţiile (36—42), partea delimitată corespunzînd modelului matematic al SRAE. Pentru elementele matricelor se specifică unităţile de măsură aferente.

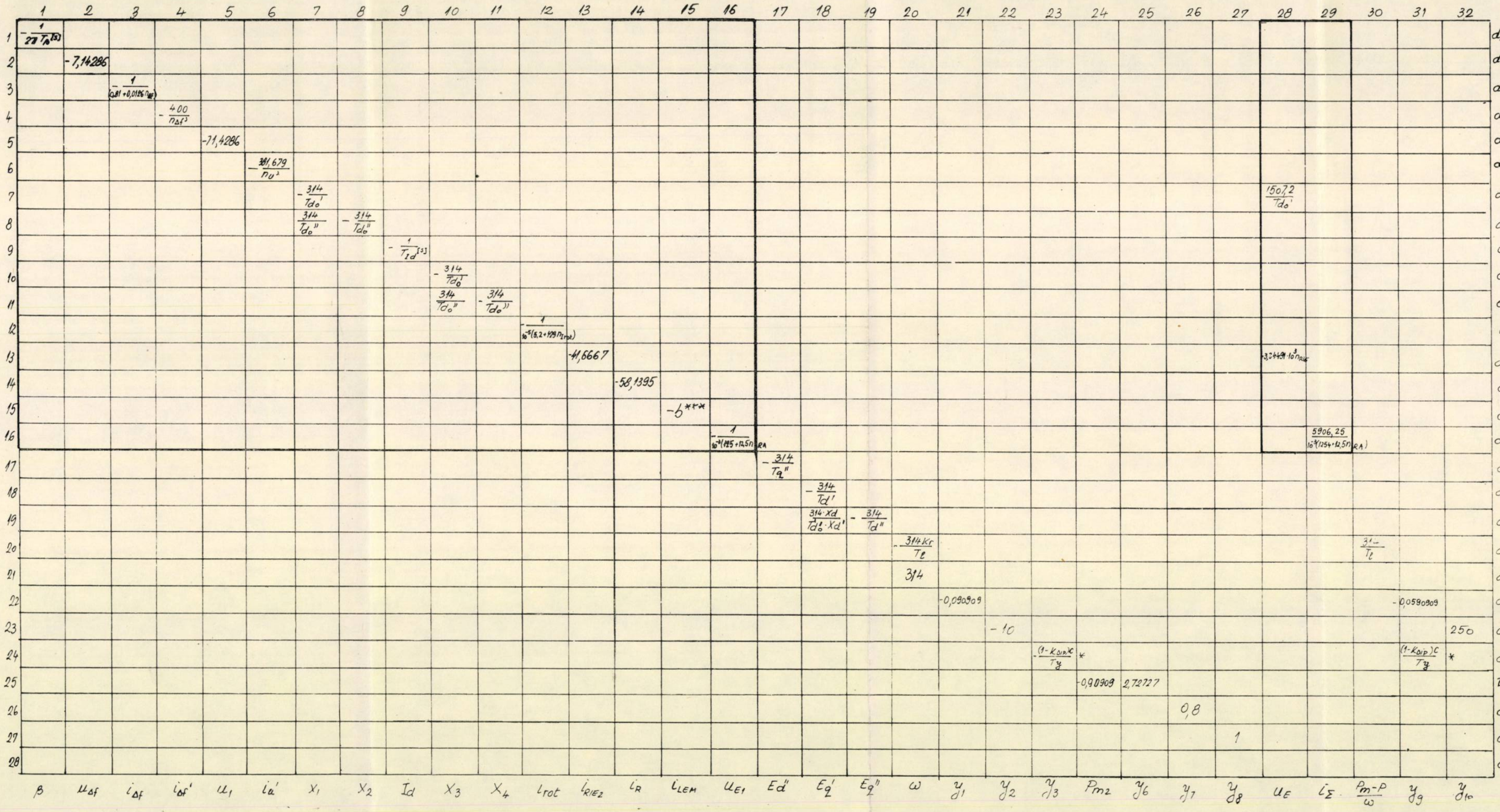
Variabilele şi coeficienţii din ecuaţiile aferente generatorului şi SRAV corespund notaţiilor din [5].

Variabilele şi coeficienţii ai căror valoare este condiţionată de blocurile nelineare s-au marcat cu asteriscuri:

* mărimi cu limitare condiţionată interior, care se verifică la fiecare determinarea derivatelor, pe parcursul procesului de integrare numerică;

$[A] =$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
1	$-\frac{1}{2\pi T_A^{[s]}}$																																$d\beta/dt$
2		$-7{,}14286$																															$du_{\Delta f}/dt$
3			$-\frac{1}{(0{,}81+0{,}0126\,n_{\Delta f})}$																														$di_{\Delta f}/dt$
4				$-\frac{400}{n_{\Delta f}^3}$																													$di_{\Delta f}'/dt$
5					$-71{,}4286$																												du_1/dt
6						$-\frac{381{,}679}{n_u^3}$																											di_u'/dt
7							$-\frac{314}{T_{do}'}$																					$\frac{1507{,}2}{T_{do}'}$					dx_1/dt
8							$\frac{314}{T_{do}''}$	$-\frac{314}{T_{do}''}$																									dx_2/dt
9									$-\frac{1}{T_{Id}^{[s]}}$																								dI_d/dt
10										$-\frac{314}{T_{do}'}$																							dx_3/dt
11										$\frac{314}{T_{do}''}$	$-\frac{314}{T_{do}''}$																						dx_4/dt
12												$-\frac{1}{10^{-5}(5{,}2+479\,n_{Irot})}$																					di_{rot}/dt
13													$-41{,}6667$															$-3{,}24491\cdot 10^3\,n_{RIE}$					di_{RIE_2}/dt
14														$-58{,}1395$																			di_R/dt
15															$-b^{***}$																		di_{LEM}/dt
16																$-\frac{1}{10^{-4}(125+12{,}5\,n_{RA})}$													$\frac{5906{,}25}{10^{-4}(1254+12{,}5\,n_{RA})}$				du_{E1}/dt (40)
17																	$-\frac{314}{T_q''}$																dE_d''/dt
18																		$-\frac{314}{T_d'}$															dE_q'/dt
19																		$\frac{314\cdot X_d}{T_{do}'\cdot X_d'}$	$-\frac{314}{T_d''}$														dE_q''/dt
20																				$-\frac{314\,K_r}{T_\ell}$										$\frac{314}{T_\ell}$			$d\omega/dt$
21																				314													$d\delta/dt$
22																					$-0{,}090909$										$-0{,}0590909$		dy_1/dt
23																						-10										250	dy_2/dt
24																							$-\frac{(1-K_{\Delta ip})C}{T_y}$	*							$\frac{(1-K_{\Delta ip})C}{T_y}$	*	dy_3/dt
25																								$-0{,}90909$	$2{,}72727$								dP_{m_2}/dt
26																										0,8							dy_4/dt
27																											1						dy_5/dt
28																																	$d\varphi_1/dt$
	β	$u_{\Delta f}$	$i_{\Delta f}$	$i_{\Delta f}'$	u_1	i_u'	x_1	x_2	I_d	x_3	x_4	i_{rot}	i_{RIE_2}	i_R	i_{LEM}	u_{E1}	E_d''	E_q'	E_q''	ω	y_1	y_2	y_3	P_{m2}	y_6	y_7	y_8	u_E	i_Σ	$\frac{P_m-P}{\omega}$	y_9	y_{10}	



	1	2	3	4	5	6	7	8	
1									$d\beta/dt$
2	51,1829								$du_{\Delta f}/dt$
3		$\frac{3 \cdot n_{\Delta f}}{810 + 12{,}6 n_{\Delta f}}$							$di_{\Delta f}/dt$
4		0,242							$di_{\Delta f}''/dt$
5									du_1/dt
6			229,008						di_u''/dt
7									dx_1/dt
8				$\frac{T_D}{T_{d0}''}$					dx_2/dt
9									dI_d/dt
10					$\frac{1800 \cdot x_{dh}}{T_{d0}' \cdot U_{En}}$				dx_3/dt
11						$\frac{T_D'}{T_{d0}''}$			dx_4/dt
12							$\frac{1{,}2 \cdot B \cdot n_{Irot}}{5200 + 129 n_{Irot}}$	$\frac{1{,}2 B n_{Irot}}{5200 + 129 n_{Irot}}$	di_{rot}/dt
13									di_{Riez}/dt
14									di_R/dt
15									di_{LEH}/dt
16									dU_{E1}/dt
17									dE_d''/dt
18									dE_q'/dt
19									dE_q''/dt
20									$d\omega/dt$
21									$d\vartheta/dt$
22									dy_1/dt
23									dy_2/dt
24									dy_3/dt
25									dP_{m2}/dt
26									dy_4/dt
27									dy_5/dt
28									dY_1/dt
	$d\beta/dt$	$du_{\Delta f}/dt$	dU_1/dt	dx_1/dt	dI_d/dt	dx_3/dt	dx_2/dt	dx_4/dt	

$3\,] =$

(41)

$[C] =$

	1	2	3	4	5	6	7	
1	$\frac{1}{2\pi T_\beta}$							$d\beta/dt$
2								dU_{0f}/dt
3								di_{0f}/dt
4								di_{0f}'/dt
5		142,857						du_1/dt
6								di_u'/dt
7								dx_1/dt
8								dx_2/dt
9			$\frac{1}{T_{1d}}$ [s]					dI_d/dt
10								dx_3/dt
11								dx_4/dt
12								di_{rot}/dt
13				$0{,}9532980\,n_{RIE}$				di_{RIE_2}/dt
14				1618,605				di_R/dt
15					a ***			di_{LEM}/dt
16								dU_{E_1}/dt
17						$\frac{314(x_q - x_q'')}{T_q'' \cdot x_q}$		dE_d'/dt
18							$\frac{314 x_d'(B - \frac{E}{x_d})}{T_d' \cdot x_d''}$	dE_q'/dt
19							$\frac{314\,T}{T_d' \cdot T_d''}$	di_q''/dt
20								$d\omega/dt$
21				-314				$d\delta/dt$
22				$0{,}0590908\,P_{mc}$				dy_1/dt
23								dy_2/dt
24				$(1-K_{DIP})\,d + K_{DIP} \cdot e$	*			dy_3/dt
25								dP_{m_2}/dt
26								dy_4/dt
27								dy_5/dt
28				$f \cdot K_{DIP}$ *				$d\varphi_1/dt$
	β_f	δ_U	I_{df}	1	I_r	U_d	U_q	

(4

* mărimi cu limitare condiţionată exterior, care se verifică la fiecare determinare a derivatelor, pe parcursul procesului de integrare numerică.

* * mărimi condiţionate de acţiunea blocurilor cu funcţionare discontinuă, care se verifică la fiecare determinare a circulaţiei de puteri.

liografie

Cristea, H., Dragomir, T. L., Tătaru, Al., Preitl, Şt., Fecioru, I., Mătăsariu, P., Kilyeni, Şt. *Modelarea SRAE aferent grupurilor din centrala Porţile de Fier 1. Partea* 1 : *Structura SRAE*. În : Energetica, 31, nr. 10/1983, p. 444—448.

Dragomir, T. L., Preitl, Şt., Kilyeni, Şt. *Modelarea SRAE aferent grupurilor din centrala Porţile de Fier* 1. *Partea a II-a* : *Modelul matematic intrare-stare-ieşire*. În : Energetica 31, nr. 11/1983, p. 481—488.

[3] Kilyeni, Şt. *Model matematic şi pachet de programe pentru analiza stabilităţii SEE complexe şi optimizarea valorii parametrilor SRAE. Părţile I şi II.* Conferinţa Naţională de Electrotehnică şi Electroenergetică, Timişoara, 1982, vol. 13, p. 51—74.

[4] * * *Protocol, contract de cercetare ştiinţifică IPTVT—IEPdF, nr. 33/*1978, *„Criterii îmbunătăţite privind reglajul tensiunii şi puterii reactive în SEE, cu aplicaţii concrete la îmbunătăţirea reglajului de tensiune în nodul Porţile de Fier"*, faza a II-a 1979, vol. 6, Colectivul de analiză a regimurilor SEE, Institutul Politehnic „Traian Vuia" din Timişoara.

[5] * * *Protocol contract de cercetare ştiinţifică IPTVT — IEPdF, nr. 33/1978, „Criterii îmbunătăţite privind reglajul tensiunii puterii reactive în SEE, cu aplicaţii concrete la îmbunătăţirea reglajului de tensiune în nodul Porţile de Fier"*, faza a II-a, 1979, vol. 2, ICEMENERG, Colectivul de automatică al Institutului Politehnic „Traian Vuia" din Timişoara.

(Primit la 20 decembrie 1982, acceptat la 12 aprilie 1983)

Experimental Results Obtained with Heat and Hydrogen Storage by Means of Iron Titan Hydrides

(Condensed from the paper in Romanian)

Alexandru Mihăilă, Grad. Eng., Constantin I. Bilegan, Grad. Eng., Adriana Predica, Grad. Chem.

'he chemical storage of the thermal energy can be achieved using the latent formation and respectively decomposition t of metallic hydrides, according to reaction (1), a well-)wn reaction with respect to the hydrogen storage mecha-n. The specific heat storage capacity for different hydrides compared highly favourable to other storage agents, as ılts from Table 1. Since the hydrides as well as hydrogen be easily transported to large distances by conventional ans the hydrides can be also used for long distance transport he heat. Some practical problems created by iron-titan ride use for heat and hydrogen storage have begun to be lied with the Energy Research and Modernizing Insti- — ICEMENERG. The tests were carried out on an allation whose scheme is presented in Fig. 1, consisting nly of the hydride container, of the gaseous hydrogen in and the transport circuits for the hydrogen and heat ch are accumulated or recovered during a storage cycle. he laboratory model of the mentioned installation has orage capacity of 4200 kJ and a thermal power of 2 kW.

he experimental program carried out so far has included determination of the used hydrides' characteristics, i.e. reaction entropy and enthalpy variation.

he variations mentioned can be determined by means he results represented in Fig. 2. According to the Van't f law — the curves slope from the figure mentioned is quantum $\frac{\Delta H}{R}$, where ΔH is the specific enthalpy ation in the reaction process while R is the gases constant hydrogen. The specific entropy variation in the reaction ess represents a measure of the heat storage capacity the hydride with the corresponding concentration. A conclusion derivating from Fig. 2 is the one specificating that the reaction energy depends on the hydrogen concentration in the hydride. Its value for the 1% hydrogen concentration in the total mass has resulted as being equal to 29 kJ/mol H_2.

In its turn, the hydrogen storage capacity of the iron-titan hydride — proportional on the reversible concentration variation in a complete sorption-desorption cycle — depends on the process temperatures of absorption and desorption, respectively.

The maximal concentration used corresponding to the hydride with the formula $FeTiH_{1,8}$.

For the temperatures of the cycle achieved, i.e. 70—80°C at the heat recovery (hydrogen absorption) and 110—120°C respectively, at the heat storage (hydrogen desorption) a total heat storage capacity in the installation surpassing 4500 kJ (see Table 2 row 4) and a power of about 0.5 kW, several times smaller than the design power, were obtained. The useful heat storage capacity for a given temperature difference in the cycle depends much on the gaseous hydrogen storage tank characteristics.

For the hydrogen pumping in the respective circuit the installation was used as thermo-compressor converting a part of the heat introduced into the cycle. Depending on the storage temperature the compression can be achieved at the wanted pressure. In the tests presented here, the hydrogen was compressed from 100 to 135 bar. The thermo-compression carried out at this experiment offers the possibility to use some installations, as is the one presented in the paper, for building chemical heat pumps without moving parts.

Rezultate experimentale obținute la stocarea căldurii și a hidrogenului cu ajutorul hidrurilor de fier-titan

Ing. Alexandru Mihăilă, ing. Constantin I. Bilegan, chim. Adriana Predica*

Introducere

Reacțiile chimice reversibile de formare și respectiv descompunere a hidrurilor metalice, care se utilizează la stocarea hidrogenului, pot fi folosite și la acumularea energiei termice. Acest lucru este posibil ca urmare a variației importante a entalpiei reactanților în procesul de reacție care se desfășoară după schema de mai jos :

$$2/x\ M + H_2 \rightleftarrows 2/x\ MHx + \Delta H, \qquad (1)$$

unde :

M este un metal sau un utilaj care se combină cu hidrogenul ;

ΔH — variația de entalpie de reacție.

Ca regulă generală, absorbția hidrogenului în metal este exotermă, iar descompunerea hidrurii este endotermă.

Interesul pentru hidruri ca material de stocare a căldurii derivă din faptul că acestea pot fi păstrate timp îndelungat la temperatura ambiantă fără să se descompună și deci pot fi utilizate la stocarea termică pe termen lung cu ajutorul unor rezervoare neizolate termic în mod deosebit. Pe de altă parte, capacitatea specifică de acumulare a hidrurilor este destul de mare în comparație cu cea a materialelor uzuale de stocare, așa cum rezultă din tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. crt.	Materialul	Capacitatea volumetrică de stocare, kJ/dm³
1	Pat de pietriș încălzit ($\Delta t = 20°C$)	30
2	Apă încălzită ($\Delta t = 20°C$)	80
3	La Ni_5H_6 (pat de hidrură cu 50% volum liber)	690
4	FeTi $H_{1,7}$ (pat de hidrură cu 50% volum liber)	795
5	Mg_2NiH_4 (pat de hidrură cu 50% volum liber)	1485
6	MgH_2 (pat de hidrură cu 50% volum liber)	2075

Atît reactivii metalici, cît și hidrogenul, ca de altfel și hidrurile, sînt materiale transportabile prin mijloace convenționale și de aceea sistemele cu hidruri pot servi și pentru transportul căldurii la distanțe mari.

*) Autorii sînt cercetători la ICMENERG.

Ținînd cont de caracteristicile lor, hidruri pot fi folosite pentru stocarea hidrogenului a căldurii și, pornind de la aceste proprietăț ele pot servi, de asemenea, și la realizarea un instalații de tipul pompelor de căldură. Î prezent hidrurile sînt greu disponibile și consecință scumpe, astfel că avantajele me ționate sînt încă potențiale. Cercetările care fac în toată lumea pentru perfecționarea te nologiilor de realizare a hidrurilor sînt suscep tibile să conducă pe termen lung la rentabil zarea lor și a instalațiilor ce le utilizeaz

1. Descrierea instalației

Unele probleme puse de utilizarea hidrurilo pentru stocarea căldurii și a hidrogenului a fost cercetate la ICEMENERG pe o instalaț realizată în colaborare cu Institutul de Tehn logie Izotopică și Moleculară Cluj-Napoca [1 Ideea instalației face obiectul unui brevet cărui titular este ICEMENERG [2], iar rea zarea ei ca model de laborator a făcut par integrantă din activitatea de valorificare acestui brevet.

Instalația realizată în 1983, utilizează hidr rile de fier-titan, singurele disponibile în cantită semnificative în momentul respectiv. Instalaț (fig. 1) a avut un caracter strict experimenta fiind destinată să servească pentru demonstr rea principiului stocării căldurii și a hidrog nului cu ajutorul hidrurilor și pentru dete minarea capacității specifice de stocare a hidr rii de fier-titan.

Baza instalației este containerul cu hidru de fier-titan, care are rolul de a stoca hidrogen și căldura. El este constituit din 19 elemen etanșe, care conțin aliajul din fier-titan. F care element este echipat la unul din capă cu un filtru din bronz sinterizat poros, precu și cu racordul pentru introducerea și extragen hidrogenului gazos. Cele 19 elemente realizea împreună o suprafață de schimb de căldu închisă într-o manta prin care circulă, diri în mod corespunzător cu un sistem de șica fluidul purtător de căldură. Cu acest fluid încarcă acumulatorul cu căldură și respectiv se recuperează la momentul oportun ener termică stocată. Unul din cele 19 elemen este echipat cu un termocuplu cu care poate măsura temperatura în interiorul drurii, atît în regimuri permanente, cît și regimuri tranzitorii.

n afara elementului de acumulare instalaţia
i cuprinde un termostat, care serveşte,
ernativ, ca sursă şi consumator de căldură,
cum şi un rezervor pentru stocarea hidro-
ului gazos. Între elementele menţionate se

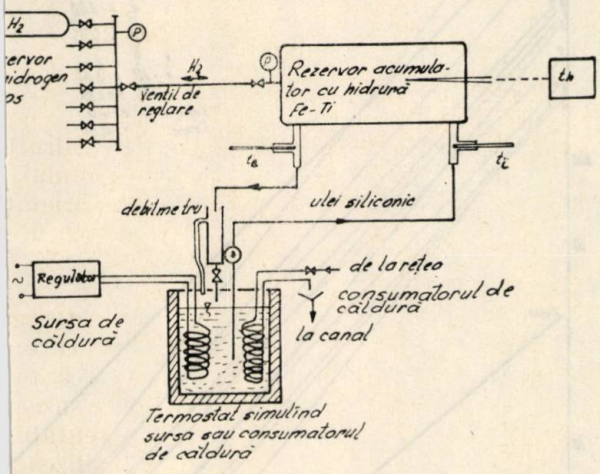


Fig. 1.

stituie circuitul de hidrogen şi cel al agentului
tător de căldură, instrumentate corespun-
or pentru întocmirea bilanţurilor de masă şi
energie. Agentul termic constituit din ulei
onic marca UP-100 permite temperaturi
ucru pînă la 200°C la o presiune atmosferică
ircuit.

nstalaţia a fost realizată pentru o capacitate
cumulare a căldurii egală cu 4200 kJ şi o
ere termică de 2 kW. În acest scop contai-
l acumulator cu un volum de 7 l a fost
rcat cu 23,75 kg aliaj de fier-titan.

eoarece circuitul de hidrogen este necesar
ie absolut etanş, înainte de punerea în func-
e el a fost încercat hidrostatic la 200 bar.
lus, s-a făcut şi o probă de etanşeitate cu
1 la 10 bar, cu detecţia scurgerilor cu aju-
l spectrometrului de masă.

Programul experimental

xperienţele realizate pînă în prezent cu
laţia descrisă au avut următoarele obiec-
:

măsurarea capacităţii de stocare pentru
ură şi hidrogen a hidrurii utilizate;
verificarea capacităţii şi puterii termice a
laţiei;
realizarea unor regimuri de funcţionare
ifice.

rmarea şi, respectiv, descompunerea hi-
ii se realizează în anumite condiţii termo-
mice. Astfel absorbţia, ca de altfel şi de-
ţia hidrogenului, se realizează la presiune
iv constantă, dacă temperatura nu variază
mpul procesului. Această presiune de palier
e odată cu temperatura, fiind legată de
aceasta din urmă prin legea lui Van't Hoff care are următorul enunţ:

$$1 \cap PH_2 = \frac{\Delta H}{RT} - \frac{\Delta S}{R}, \qquad (2)$$

în care:

ΔH este variaţia entalpiei de reacţie;
ΔS — variaţia entropiei în acest model;
R — constanta gazelor.

În practică, palierele de presiune sînt uşor crescătoare cu concentraţia de hidrogen în hidrură, ecuaţia lui Van't Hoff fiind riguros valabilă pentru o concentraţie dată. Termodinamic ecuaţia lui Van't Hoff sugerează posibilitatea realizării compresiei termice a hidrogenului la desorbţie. Pe fenomenul invers se bazează construcţia pompelor termice cu hidruri.

În timpul experienţelor s-au urmărit, în principal, parametrii instalaţiei de stocare a căldurii cu ajutorul hidrurii de FeTi. În regim de stocare a căldurii s-a lucrat izoterm la acumulare şi la recuperare. Deşi acest regim afectează negativ, într-o oarecare măsură, capacitatea de stocare totală, el este, din punct de vedere termodinamic, cel mai eficient în privinţa stocării energiei termice. Măsurătorile efectuate cu scopul de a verifica posibilităţile procedeului de stocare, stabilite pe cale teoretică, au avut în vedere determinarea capacităţilor specifice de stocare ale hidrurii pentru hidrogen şi pentru căldură, precum şi capacitatea totală a instalaţiei. S-a procedat şi la o verificare globală a vitezei medii de transfer de căldură, măsurîndu-se puterea termică a instalaţiei şi diferenţele de temperatură pe suprafaţa de schimb de căldură.

Pentru realizarea obiectivelor menţionate s-au realizat mai multe cicluri de acumulare-recuperare a căldurii în diferite condiţii de lucru. Aceste condiţii au fost definite, în principal, de temperaturile de reacţie şi de presiunile disponibile în rezervoarele de stocare ale hidrogenului gazos. Pentru fiecare regim de lucru s-a realizat un ciclu complet de desorbţie-absorbţie a hidrogenului în hidrură, respectiv de acumulare-recuperare a energiei termice şi s-a măsurat capacitatea reversibilă de stocare a căldurii şi a hidrogenului.

Pentru determinarea capacităţii specifice de stocare a căldurii şi a hidrogenului la hidrură de fier-titan, s-au ridicat curbele Van't Hoff la diferite concentraţii. Această operaţie s-a făcut atît la absorbţia, cît şi la desorbţia hidrogenului, deoarece există un anumit histerezis al ciclului constituit de cele două procese (perechile de valori P—T caracterizînd echilibrul termodinamic depind şi de sensul de desfăşurare a reacţiei metal-hidrogen). S-a variat în trepte concentraţia hidrogenului în hidrură în ambele sensuri. Pentru fiecare din concen-

trațiile realizate s-au măsurat mai multe perechi de valori ale parametrilor de echilibru T, P. Punctele determinate de perechile P, T astfel măsurate s-au concretizat în diagrama $1 \cap P$, $\frac{1}{T}$, într-o dreaptă de-a lungul căreia punctele respective se aliniază cu abateri medii pătratice minime. Această dreaptă este chiar curba Van't Hoff căutată. Concentrația minimă de hidrogen cu care s-a lucrat în cursul acestor experimente a fost limitată la o valoare care corespunde hidrurii $Fe-TiH_{0,1}$, la care presiunea hidrogenului liber la temperatura ambiantă este încă supraatmosferică. Acest lucru se impune în scopul de a proteja instalația împotriva otrăvirii cu oxigen prin eventualele neetanșeități, otrăvire favorizată de existența unor presiuni în instalație mai mici decît cea atmosferică.

3. Prezentarea rezultatelor măsurătorilor

O parte din determinările astfel făcute sînt prezentate în graficul din figura 2. Examinînd acest grafic se constată că distanța dintre curbele Van't Hoff pentru concentrațiile maximă și minimă este destul de mare. Rezultă că înclinarea palierului curbei de presiune în funcție de concentrația de hidrogen în hidrură la temperatură constantă este destul de mare și că, în mod practic, absorbția și desorbția nu se pot realiza izoterm, la presiune constantă. Pe graficul din figura 2 se poate determina și această variație a presiunii în procesul de absorbție și respectiv desorbție la temperatură constantă.

O altă constatare ce rezultă din măsurătorile sintetizate în figura 2 este aceea că dreptele Van't Hoff pentru diferite concentrații nu au toate aceeași pantă. În afara erorilor de măsură care pot da mici variații, se consideră că diferențele de pantă derivă din faptul că energia de reacție (cu care panta este proporțională) este și ea o funcție de concentrația de hidrogen în hidrură. Așa cum se vede din relația (2), energia de reacție este proporțională cu panta dreptei Van't Hoff. Determinarea energiei de reacție este o operație de măsurare a pantei dreptelor din figura 2. Deoarece această pantă variază ușor de la o dreaptă la alta în funcție de concentrația de hidrogen în hidrură s-a măsurat această mărime la dreapta Van't Hoff corespunzătoare concentrației de 1% hidrogen în hidrură. Pentru această pantă s-a determinat valoarea energiei de reacție ca fiind egală cu 29 kJ/mol H_2 — valoare în concordanță cu datele raportate de alți cercetători pentru aceeași hidrură [3].

Cealaltă mărime caracteristică care intră în ecuația Van't Hoff, respectiv variația entropiei

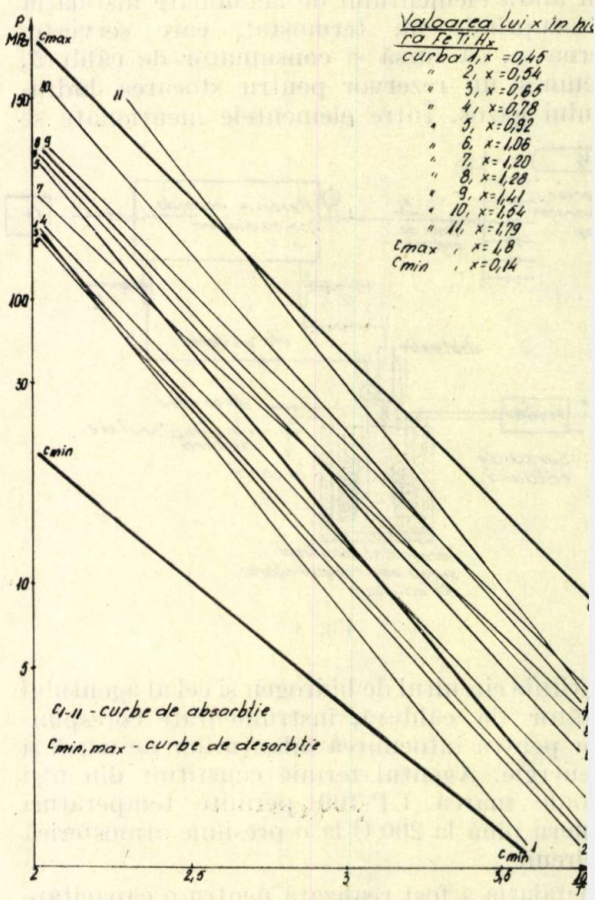


Fig. 2.

în procesul de reacție, se poate determina asemenea, din graficul din figura 2, avînd e gia de reacție deja cunoscută. Spre exem dacă la o anumită concentrație de hidroge hidrură măsurăm temperatura de echil T_0, la o presiune a hidrogenului liber egal 1 bar, ecuația Van't Hoff devine :

$$1 \cap 1 = 0 = \frac{\Delta H}{RT_0} - \frac{\Delta S}{R} \quad \Delta S = \frac{\Delta H}{T_0}.$$

Deoarece presiunea de 1 bar nu este aș uzuală la concentrații semnificative ale hidr nului în hidrură, determinarea lui ΔS se p face la orice altă presiune.

În acest fel s-a determinat capacitatea cifică de acumulare a hidrurii de fier-titan pe căldură și pentru hidrogen. Capacitatea stocare pentru hidrogen este proporțional variația reversibilă a concentrației într-un complet de absorbție-desorbție. Pentru hid utilizată în instalația experimentală, ca tatea de stocare astfel determinată a fost d de bună și ea corespunde hidrurii Fe Ti

Cu instalația prezentată în figura 1 s-au lizat mai multe cicluri de acumulare-recup a căldurii între limite de concentrație ale h

nului în hidrură determinate de presiunile din zervorul de stocare a hidrogenului gazos și temperaturile de lucru practicate. Scopul estui tip de experiment a fost acela de a termina capacitatea de acumulare și puterea mică a instalației în diferite condiții de ru.

În tabelul 2 sînt prezentate rezultatele reperării căldurii prin reformarea hidrurii. mperatura de recuperare a fost menținută, cît posibil, între 70° și 80°C. În acest expenent concentrația de hidrogen în hidrură a riat între 0,23% și 1,57%. Între aceste limite variație s-a obținut o capacitate de stocare a talației de peste 4 500 kJ, cu aproape 10% i mult decît valoarea de proiect. Puterea mică realizată în cursul măsurătorilor reprose în tabelul 2, a rămas permanent sub 6 kW, între altele și datorită faptului că s-a rat cu diferențe mici de temperatură între sa de hidrură și agentul termic (5°—8°C).

Tabelul 2

Temperatura de intrare t_i, °C	Temperatura de ieșire t_e, °C	Temperatura hidrurii t_h, °C	Căldura recuperată Q, kJ	Puterea termică P, kW
1	2	3	4	5
75	80	83	422	0,46
77	81,7	85	774	0,43
79,7	81,2	87	1266	0,32
78,1	81,2	85	1733	0,28
77,7	79,7	83	2135	0,18
75,6	78,7	83	2534	0,27
77,7	79,7	83	2956	0,18
74,5	76,1	78	3355	0,15
74	75,2	77,5	3683	0,13
74,2	76,2	78	4035	0,18
75	76,3	78,6	4598	0,12

n tabelul 3 sînt cuprinse datele măsurate impul unei operații de acumulare a căldurii izată la temperaturi ale hidrurilor situate

Tabelul 3

Temperatura de intrare t_i, °C	Temperatura de ieșire t_e, °C	Temperatura hidrurii t_h, °C	Căldura recuperată Q, kJ	Puterea termică P, kW
1	2	3	4	5
117	110	111	352	0,64
117	110,6	114	633	0,59
117,4	111,7	117	853	0,52
117,6	112,6	117	1270	0,46
116,8	109,3	113	1780	0,69
117,1	110,1	114	2126	0,64
117,9	113,3	116	2302	0,42
117,9	113,3	115,5	2326	0,42
118	113,7	118	2341	0,40

în jurul valorii de 120°C. În acest proces de absorbție a hidrogenului, concentrația acestuia în hidrura de fier-titan a variat între 1,57% și 0,88%. Capacitatea de acumulare utilă a instalației a fost de circa 2350 kJ. Puterea dezvoltată nu a depășit în acest experiment 0,69 kW.

În tabelele 2 și 3 puterea termică a fost calculată cu relația :

$$P = G\, C_p\, (t_e - t_i), \qquad (4)$$

unde :

G este debitul masic de agent termic constituit din ulei siliconic UP-100. (Debitul respectiv a fost constant pe toată durata măsurătorilor și a avut valoarea 222 kg/h);

C_p — căldura specifică a uleiului utilizat ca agent termic (1,492 kJ/kg°C);

$(t_e - t_i)$ — diferența de temperatură între intrarea și ieșirea agentului termic din elementul de stocare care conține hidrura.

Capacitatea de acumulare utilă a fost limitată la circa 2 300 kJ din cauză că presiunea de echilibru la care s-a oprit desorbția a fost ridicată (circa 60 bar), între altele și datorită presiunii inițiale mari din rezervorul de stocare a hidrogenului gazos. Capacitatea de stocare poate fi mărită dacă rezervorul de stocare a hidrogenului gazos este realizat dintr-o orgă de butelii cu presiuni crescătoare, desorbția realizîndu-se prin umplerea buteliei cu presiunea cea mai ridicată, apoi a următoarei și așa mai departe. Această organizare a rezervorului de stocare a hidrogenului constituit din patru butelii a fost practicată experimental. Puterea termică realizată în experimentele de acumulare a fost ceva mai ridicată, apropiindu-se uneori de 0,69 kW. Pentru a se realiza orga de presiuni necesară unei capacități reversibile de stocare cît mai mari s-a folosit instalația drept termocompresor. Aceasta a fost una din experiențele specifice realizate cu instalația. Pe această cale s-a realizat comprimarea hidrogenului din unele butelii pînă la presiuni mai mari decît cele inițiale. Astfel, cu temperaturi de desorbție ale hidrurii de 140°C s-a putut ridica presiunea hidrogenului dintr-o butelie de la 100 la 135 bar. Nu s-a mers cu compresia la valori mai mari pentru a proteja buteliile dimensionate la presiuni de maximum 150 bar.

Folosirea instalației drept termocompresor prefigurează posibilitatea utilizării unor sisteme cu hidruri metalice pentru pomparea chimică a căldurii.

Evaluarea primelor rezultate experimentale realizate pe instalația de stocare a căldurii și a hidrogenului de fier-titan este încurajatoare pentru promovarea în viitor a unui program de cercetări mai largi în acest domeniu.

Bibliografie

[1] * * * — *Cercetarea, proiectarea și realizarea unei in lații experimentale de stocare a căldurii, utilizînd Fe Ti* Raport de fază ITIM Cluj-Napoca, 1983.

[2] * * * — *Brevet R.S.R. Nr. 76.663.*

[3] J. Reilly, R. H. Wiswall, Jr. *Formation Properties of Iron Titanium Hydride.* In: Inorg chemistry, vol. 13, nr. 1, 1974.

(Primit la 17 februarie 198[illegible], acceptat la 8 aprilie 1[illegible]

Noi tehnologii și materiale chim folosite în producerea și distribuir energiei electrice și a căldu

Unele aspecte privind regimul chimic al cazanului tip C_2 de 120 t/h și 100 daN/cm^2

Chim. Mihai Chirica, chim. Elena Chirica *

Sînt deja montate și se află în funcțiune cîteva zeci de cazane de tip C_2 de 120 t/h și 100 daN/cm^2 în țara noastră și peste hotare. Regimul chimic al acestui generator de abur de presiune ridicată prezintă unele particularități în comparație cu alte cazane de presiune apropiată și care fac parte din aceeași categorie din punct de vedere ISCIR.

Cazanul tip C_2 de 120 t/h și 100 daN/cm^2, proiectat de ICPET și realizat de Uzina Vulcan, este un generator de abur cu tambur cu circulație naturală, avînd cicloane exterioare și țevi de ecran aferente, care funcționează la salinitate mai ridicată față de țevile de cazan alimentate direct din tambur.

Caracteristic pentru acest tip de cazan este faptul că are „încărcarea specifică" mai mare decît la alte cazane din aceeași categorie. Încărcarea specifică, respectiv „solicitarea spațiului de abur", este dată de relația [1]:

$$i = \frac{D}{V} \text{ (m}^3\text{/m}^3 \text{ h)},$$

unde:

D este debitul de abur (m^3/h),

V — volumul spațiului de abur (m^3).

* Chim. Mihai Chirica și chim. Elena Chirica lucrează la ICEMENERG — București.

Această mărime reprezintă de fapt, tim de staționare a particulelor de apă în spațiul abur al tamburului cazanului și intervine dir în procesul de separare a fazelor apă-abur.

Tipul de cazan luat în discuție, avînd deb de abur mare în raport cu volumul spații de abur, are o comportare specifică din punc de vedere al regimului chimic.

Aburul saturat produs de cazan este un am tec dintre aburul produs în tambur (unde c ținutul în săruri este mai mic) și aburul pro de cicloanele exterioare (în care apa are co nutul de săruri cel mai ridicat); aburul pro în cicloanele exterioare intră mai întîi în tam pentru spălare și separare de picături, după c se amestecă cu aburul produs în tambur, cînd în supraîncălzitor și apoi în turbină sa alți consumatori.

Conform cărții tehnice a cazanului, aburul s rat produs de cazan ar trebui să aibă cali energetică (conductivitate 0,3 μS/cm și SiO maximum 0,02 mg/l), chiar atunci cînd in chimici din treapta salină (cicloane exterio se ridică la următoarele valori:

— alcalinitate p — 1,25 mval/l;
— conductivitate — 1000 μS/cm;
— silice — 3 mg/l.

Acești indici garantați prin cartea tehnică a zanului, sînt în conformitate cu prescripțiile CIR C 18—80 [2].

zultatele probelor termochimice

În cadrul probelor de omologare a cazanu- tip C_2, s-au efectuat și probe termochimice ntru stabilirea, prin măsurători riguroase, a lorilor indicilor chimici pentru apa din tam- r și apa din cicloane la care începe impurifi- rea aburului saturat [3].

Pe durata probelor termochimice, creșterea licilor chimici ai apei din cazan s-a realizat prin lucerea purjei și înrăutățirea voită a calității ei de adaos, sarcina cazanului păstrîndu-se valoarea nominală.

De regulă, instalația de tratare a apei de aos pentru cazanele tip C_2 este prevăzută cu o aptă de finisare prin filtre cu pat mixt care gură următorii indici chimici : conductivita- — maximum 0,3 μS/cm și SiO_2 maximum 2 mg/l. În aceste condiții, în regim normal de loatare, calitatea apei de alimentare este nținută la următoarele valori ale indicilor mici :

pH : 0,85 ÷ 9,2 ;
conductivitate : — maximum 0,5 μS/cm ;
silice : — maximum 0,02 mg/l ;
fier total : — maximum 0,03 mg/l.

Alimentînd cazanul cu o apă avînd valorile icilor chimici notați mai sus, în apa din tam- și din cicloane indicii chimici vor fi mult mai zuți decît valorile maxim admise. Din acest tiv, pentru creșterea indicilor chimici la apa alimentare, s-a recurs la ocolirea filtrelor cu mixt.

Pe durata probelor termochimice, s-au urmărit nod special și s-au măsurat următorii indici nici : conductivitatea, conținutul în silice și alinitatea p, respectiv pH-ul.

Măsurătorile de conductivitate s-au făcut în continuu, cu corecție față de alcaliile vola- pentru probele de apă de alimentare și abur. Apa de alimentare și abur s-a măsurat pH-ul, în apa din tambur și cicloane s-a determinat alinitatea p.

Valorile conductivității, măsurate în timpul belor termochimice, pentru apa din tambur, din cicloane (treapta salină) și aburul satu- sînt înscrise grafic în figura 1, iar valorile tru conținutul în silice în figura 2.

Interpretînd valorile înscrise în graficele din rile 1 și 2, precum și alura curbelor respec- , se pot trage următoarele concluzii :

- conductivitatea aburului saturat prezintă alt calitativ (se impurifică) atunci cînd con- tivitatea apei din treapta salină (cicloane) ășește 600 μS/cm, iar apa din tambur atinge μS/cm ;

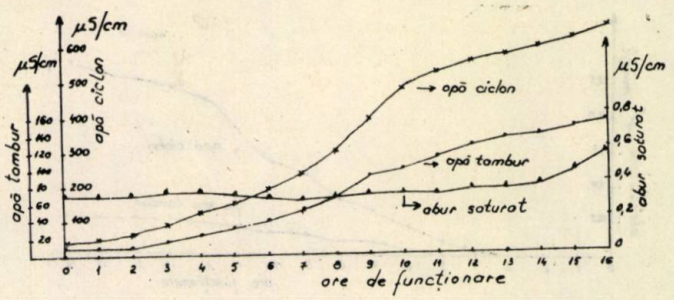


Fig. 1. Variația conductivității aburului saturat în funcție de creșterea conductivității apei din tambur și a apei din cicloane.

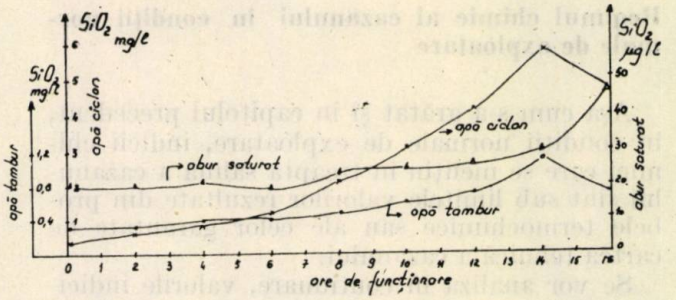


Fig. 2. Variația conținutului de silice a aburului saturat în funcție de creșterea conținutului de silice a apei din tambur și a apei din cicloane.

— conținutul în silice al aburului produs de cazan se menține la o valoare aproape constantă atîta timp cît silicea din cicloane rămîne sub 2 mg/l, iar silicea din tambur nu depășește 0,8 mg/l.

De asemenea, în timpul probelor termochimice s-a urmărit și alcalinitatea p a apei din cazan și din cicloane, fiind un indice chimic care influențează calitatea aburului produs de cazan. Valorile determinate în timpul probelor termochimice sînt înscrise grafic în figura 3. După cum rezultă din alura curbelor prezentate, se constată că în primele ore de la începerea probelor termochimice alcalinitatea p în apa din tambur și cicloane a fost zero, dar pH-ul a fost în domeniul neutru-ușor alcalin.

Comparînd valorile maxime ale indicilor chimici din treapta salină a cazanului, la care începe impurificarea aburului saturat, cu valorile maxim admise de cartea tehnică a cazanului :

	Valori rezultate prin probe termochimice	Valori garantate de cartea tehnică a cazanului
— alcalinitatea p (mval/l)	2,5	1,25
— conductivitatea (μS/cm)	600	1000
— conținutul în silice (mg/l)	2	3

se constată că, exceptînd alcalinitatea p, indicii chimici care trebuie să se mențină în treapta salină a cazanului (cicloane) trebuie să fie mult sub limitele admise prin normativele ISCIR și garantate și de furnizorul cazanului.

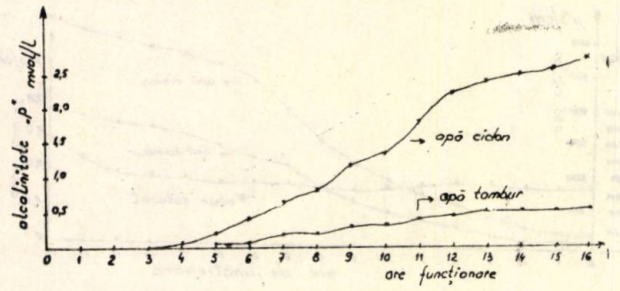


Fig. 3. Alcalinitatea „p" în apa din tambur și apa din ciclon.

Regimul chimic al cazanului în condiții normale de exploatare

Așa cum s-a arătat și în capitolul precedent, în condiții normale de exploatare, indicii chimici care se mențin în treapta salină a cazanului sînt sub limitele valorilor rezultate din probele termochimice sau ale celor garantate de cartea tehnică a cazanului.

Se vor analiza în continuare, valorile indicilor chimici, maxim admise, în treapta salină, ca rezultat al probelor termochimice, precum și regimul chimic al acestui tip de cazan, în regim normal de exploatare, dintr-o altă termocentrală (CET—BANIAS—R. A. SIRIA).

Dacă se calculează valorile indicilor chimici ai apei de alimentare în funcție de valorile indicilor chimici ai apei de cazan, valori ce sînt rezultat al probelor termochimice, pentru o anumită valoare a purjei cazanului, folosindu-se următoarea formulă simplificată [1]:

$$S_{al} = \frac{S_{ac} \cdot P_j}{100 + p_j},$$

în care:

S_{al} este indicele chimic al apei de alimentare;
S_{ac} — indicele chimic al apei de cazan (treapta salină);
P_j — cuantumul de purjă (%), care se va lua 1% rezultă următoarele valori:

— pentru silice : $SiO_{2al} = \frac{2 \cdot 1}{100 + 1} = 0{,}02$ mg/l;

— pentru conductivitate : $\varkappa_{al} = \frac{600 \cdot 1}{100 + 1} = 6$ μS/cm;

— pentru alcalinitatea m : $m_{al} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 1}{100 + 1} = 0{,}25$ mval/l.

Valorile rezultate prin calculul de mai sus arată că silicea din apa de alimentare reprezintă indicele chimic cel mai sever care trebuie menținut pentru a se preîntîmpina impurificarea aburului.

Pe acest considerent instalația de tratare a apei de adaos pentru acest tip de cazan este prevăzută cu treaptă de finisare (filtru cu pat mixt) pentru reducerea avansată a silicei ionice, r lizîndu-se valori între 8—15 μg/l, dar, în acel timp, se realizează și reducerea salinității tot pînă la 0,2—0,3 μS/cm.

Din experiența de exploatare se constată în cazul în care apa de adaos are indicii chim notați mai sus și nu sînt neetanșeități dec bile la condensator care să conducă la impu carea condensatului de bază, în treapta sal a cazanului se mențin următorii indici chimi

— silice : 0,8—1,2 mg/l;
— conductivitate : 5—10 μS/cm;
— pH : 6,8—7,5 (alcalinitate p =

La acestă calitate a apei din treapta sal a cazanului, indicii chimici ai aburului satu s-au menținut în următoarele limite:

— conductivitate : 0,12—0,22 μS/cm;
— silice : 0,015—0,02 mg/l.

O primă analiză a valorilor date mai sus, c de fapt reprezintă indicii chimici care s-au m ținut în apa de cazan (treapta salină) pe o dur de 1,5 ani, scoate în evidență disproporția c există între valorile conținutului în silice, pe o parte, și ale conductivității și alcalinități pe de altă parte. Această disproporție se re la faptul că, dacă conținutul în silice se po menține la jumătatea plajei admise (maxim 2 mg/l) conductivitatea se situează în domei de valori de 60 de ori mai mici decît valoa maxim admisă (600 μS/cm). Prin reduce purjei crește rapid conținutul în silice ajung la valoarea maxim admisă, în timp ce cond tivitatea se ridică numai la 25—40 μS/cm, pH-ul la 8,0—8,5 (în afara situațiilor în c sînt impurificări cu ioni de sodiu). Deci, conți tul în silice al treptei saline a cazanului de mină valoarea purjei, care în regim normal exploatare se menține sub 1%.

Din punctul de vedere al pH-ului apei cazan (treapta salină) se poate afirma că ne situ în domeniul regimului chimic neutru. Re rea se face numai la sistemul fierbător al c nului, deoarece în apa de adaos și de alim tare se menține pH-ul alcalin în dome 8,5—9,2 prin dozare continuă de amoniac. această valoare se menține pe tot traseul de pînă la intrare în tambur și apoi pe traseu abur saturat și supraîncălzit pînă la consuma

Așa cum se arată și în [4], [5], în tamb generatorului de abur, amoniacul trece pr rențial din stratul limită lichid în stratul li abur, pH-ul din lichid rămîne la valori scă (dacă nu există alcalinitate caustică), iar ab produs va avea pH-ul alcalin.

Din experimentările și măsurătorile efect pe cazan, se pune în evidență că trecerea am acului din faza lichidă în abur este în funcț de debitul de apă purjată, adică de viteza deplasare a apei dinspre tambur spre cicloa exterioare. Această afirmație se bazează ș constatarea că pH-ul apei din cicloane a cre spre domeniul alcalin pe măsură ce s-a m

)centul de apă purjată din cicloane. De altfel, constatat că la unele termocentrale care)loatează cazane de acest tip se funcţionează purjă ridicată din dorinţa de a menţine în apa treapta salină un pH de 8—8,5.

După funcţionare timp de 1,5 ani în regimul mic neutru al apei din sistemul fierbător ali-ntat din tambur şi cicloane, dar cu o funcţio-e ireproşabilă a degazării termice şi menţinînd exces de hidrazină în apa de alimentare în neniul 0,05—0,1 mg/l, s-au tăiat şi s-au ana-t mai multe eşantioane de ţevi, constatîndu-se stratul protector de magnetită s-a păstrat rte bine şi că nu au apărut urme ale fenome-ui de coroziune în domeniul de pH precizat i sus. Trebuie menţionat că acest regim a avantajat şi de menţinerea în sistemul fier-or a unei salinităţi reduse.

Deci, în cazul în care instalaţia de deminera-re a apei este prevăzută cu o treaptă de fini-e (filtru cu pat mixt), iar infiltraţiile la con-sator sînt neglijabile, în circuitul apă-abur menţine un pH alcalin prin dozare de amo-c, iar în sistemul fierbător pH-ul se menţine domeniul neutru datorită trecerii preferen-e a amoniacului în abur şi a lipsei de ioni de iu.

Experienţa de exploatare arată că menţinerea apa de ciclon a pH-ului în domeniul neutru 8—7,5) nu este periculoasă dacă degazarea nică şi chimică este condusă corespunzător, salinitatea apei de ciclon se păstrează la valori i.

cluzii

robele termochimice efectuate la cazanul tip le 120 t/h şi 100 daN/cm² scot în evidenţă fap-că principalii indici chimici din treapta salină (cicloanele exterioare) trebuie să se menţină la următoarele valori :

— conductivitatea maximă : 600 μS/cm ;

— silice : maximum 2 mg/l.

Aceste valori sînt mai mici decît cele prevăzute în prescripţiile ISCIR şi garantate de furnizorul cazanului.

În cazul în care instalaţia de demineralizare a apei este prevăzută cu o treaptă de finisare (filtru cu pat mixt), iar infiltraţiile la condensator sînt neglijabile, în sistemul fierbător al cazanului pH-ul se menţine în limitele 6,8—7,5 (domeniul neutru), chiar dacă apa de alimentare se alcalinizează prin dozare de amoniac. Bineînţeles, pH-ul aburului este alcalin datorită trecerii preferenţiale a amoniacului din apă în abur.

Experienţa de exploatare scoate în evidenţă faptul că menţinerea în sistemul fierbător a pH-ului în domeniul neutru nu este periculoasă dacă degazarea termică şi chimică este bine condusă, iar salinitatea apei din treapta salină este mică.

Bibliografie

[1] Negulescu, L., Fodor, C. *Tratarea apei în centralele termoelectrice.* I. P. Bucureşti, 1977.

[2] xxx *Prescripţii tehnice pentru regimul chimic al generatoarelor de abur şi apă fierbinte.* C. 18—80.

[3] xxx *Prescripţii tehnice privind încercări termochimice ale cazanelor de abur.* C. 32—81.

[4] Karş, F. *Tratarea apei şi a aburului în instalaţiile termoenergetice.* Bucureşti, Editura tehnică, 1964.

[5] Stanisavlievici, L. *Consideraţii privind reglementările regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur.* Energetica, nr. 7, 1982.

(Primit la 6 septembrie 1982, acceptat la 14 martie 1984)

Upon Some Aspects Regarding Reliability of Microhydropower Plants According to the Principle "Everything or Nothing"

(Condensed from the paper in Romanian)

Romulus Sfichi, Grad. Eng.

neral Considerations

e present worldwide energy situation, the progressive tion of conventional fuels, their price increase impose se of all available energy sources including the secondary

us, the use of small and very small powers hydraulic rces has updated the problem of building microhydro-r plants.

The building of microhydropower plants presents several peculiar features as compared to hydroelectric plants so that it is totally unsuited to consider that a microhydropower plant represents the scale reduction of a hydropower plant.

It is worth remembering under this aspects, that a microhydropower plant raising is connected to special problems, as are their economic efficiency, the urge for simple constructive solutions for quite difficult operation conditions which differ highly from one plant to the other.

The hydrotechnical constructions belonging to microhydropower plants built in Romania range in the 4-th class of importance according to their operation life and to their operational share (constructions of low importance). Thus, the microhydropower plants have no stable power, being built for longer outages due to the water need or to repairings.

Thus, their reliability must be smaller than the one of large hydropower plants. This does not mean at all its main equipment distruction in case of accidents.

The microhydropower plant operation regime

The accidents for which microhydropower equipment is built at present in Romania range within $H \in (3\text{ m}, 120\text{ m})$. The installed flow rates and the chosen outages must correspond to some optimal solutions regarding available turbines and generators and to the typified head races respectively.

Since the optimal efficiency area for the equipment is limited to a maximum of 10—15% of the installed flow rate and since the streams and brooks flow rates oscillate strongly during a year, the only economic operation regime of microhydropower plants connected to the system is based on the principle "everything or nothing".

The microhydropower plants operation regime based on this principle presumes the storage of water on a determined period (0.5 hours for the flow rate of a turbine), unabling the operation at optimal efficiency rates.

Thus, during the periods when the tributary flow rate Q_a is larger than the installed flow rate Q_i of the microhydropower plant the turbine operates in "continuous" regime spilling over the flow rate $\Delta Q = Q_a = Q_i$.

When $Q_a < Q_i$, the turbine (turbines) operate for a period at the installed flow rate Q_i using the afferent flow rate added by the water from the compensation basin. Then, when the water from the compensation basin has reached a minimal level, the level transducer orders by REGMO the closing of the water admission to the turbine by a direction device and the turbine stops.

Further on, the affluent stream (brook) flow fills up the compensation basin and when the water level reaches the normal height the turbine is commissioned again.

The direction device of the turbine is actuated by a REGMO device which opens or closes it when reaching the position corresponding to the nominal flow rate (Q_i), at the minimal and respectively maximal level of the compensation basin.

The number of starts and stops of the turbine (turbi depends on Q_a, on the compensation basin scheme and the number of units of the microhydropower plant.

The design of any microhydropower plant which i operate in this regime must take into account the min use of actuation equipment (mechanical devices and ele equipment) by as seldom as possible starts-stops (o switchings).

The cause is, that the "life" guaranteed by the equipr manufacturers is limited and depends almost exclusi on these stresses. One can see thus that the operation c duration of a unit consists of an operation period at the rate Q_i and of a break consisting in the filling up of the c pensation basin when the unit is out of operation.

The analysis of an operation cycle for a microhydrop plant generator unit

For the intermittent operation of a microhydrop plant unit ($Q_i > Q_a$) the function $t_c = f(T)$ has been anal where $t_c = t_f + t_u$ represents the cycle duration (t_f – unit operation time and t_u – the compensation basin fi up time) while T is the time ensured by the compensa basin for the microhydropower plant operation at the r flow (Q_i) without a natural flow support ($Q_a = 0$).

It can be seen that t_c for a given T (as a rule $T =$ hours) and consequently the number of starts-stops o unit, for a certain duration of time depends essentiall the flow installment coefficient in the microhydrop plant settlement ($k = Q_i/Q_a$).

For minimizing the number of starts-stops of the $k \in$ is indicated (1,2).

Further on, the paper contains an analysis of the po lities to limit the number of starts-stops of the unit c dering a useful flow rate $Q_t = \rho Q_i$, $\rho \leqslant 1$ (direction d opening correlation).

The conclusion dranw from this analysis consists in fact that the operation of a microhydropower plant as as possible to the continuous one implies the use of more (at least two) for the same microhydropower plant.

The extra expenses oscuring in this case can be par or totally compensated by reducing the useful volun the compensation basin which can be reduced pract to the dimensions of a loading room.

Valorificarea potențialului hidroenerg al ț

Funcţionarea microhidrocentralelor după principiul „tot sau nimic"

Ing. Romulus Sfichi*

1. Consideraţii generale

1.1. Necesitatea amenajării microhidrocentralelor (MHC)

Situaţia energetică actuală pe plan mondial, epuizarea progresivă a combustibililor clasici şi scumpirea lor exagerată impun utilizarea tuturor resurselor energetice disponibile, inclusiv a c secundare [1].

Astfel, folosirea resurselor hidraulice de pi mici şi foarte mici a adus în actualitate probl realizării de MHC.

1.2. Caracterizarea MHC

Realizarea MHC prezintă anumite par larităţi faţă de construcţia centralelor hid lectrice (CHE) şi nu se poate considera, în g

* Romulus Sfichi este inginer proiectant principal grad I la IRE Suceava.

ral, că amenajarea unei MHC reprezintă reducerea la scară a amenajării unei CHE.

Sub acest aspect este de reţinut că amenajarea MHC ridică o serie de probleme speciale, legate de eficienţa lor economică, de necesitatea adoptării unor soluţii constructive simple pentru condiţii de exploatare destul de dificile şi mult diferite de la o microhidrocentrală la alta.

Potrivit prevederilor STAS 4273—61, construcţiile hidrotehnice aferente amenajărilor de MHC se încadrează [2] în clasa a IV-a de importanţă, după durata lor de funcţionare şi după însemnătatea lor funcţională (construcţii de importanţă redusă).

Astfel MHC nu au putere asigurată, fiind concepute să stagneze perioade mai lungi din lipsă de apă sau din cauza reparaţiilor.

Cu toate acestea siguranţa şi continuitatea în funcţionare a MHC nu ne poate fi indiferentă, deoarece eficienţa lor economică şi în consecinţă promovarea lor ca investiţii, implică indicatori tehnico-economici competitivi (investiţie specifică şi preţ de cost) exprimaţi în lei raportaţi la producţia anuală de energie (kWh), ceea ce presupune un timp cît mai mare de funcţionare din fondul de timp calendaristic anual.

Fără îndoială că dată fiind puterea lor mai redusă, fiabilitatea MHC trebuie să fie mai mică decît a marilor centrale electrice.

Aceasta nu înseamnă însă admiterea distrugerii echipamentului principal al MHC în caz de avarii.

Luînd în considerare rolul MHC de a produce energie electrică cît mai ieftină astfel încît să contribuie cît mai substanţial la degrevarea balanţei de combustibili a ţării, volumul de automatizări cu care se echipează în ţara noastră MHC este relativ redus, simplu şi robust.

1.3. Amplasarea MHC

Amplasamentele de MHC se stabilesc pe baza studiului de micropotenţial hidroenergetic din bazinele hidrografice ce nu fac parte din marile amenajări hidroenergetice, pe baza priorităţii rezultate din aceste studii : economicitate, comolitate de execuţie, disponibilităţi de utilaje. Schema de amenajare a unei MHC nu se stabileşte izolat, ci în contextul schemei de amenajare integrale a rîului sau pîrîului respectiv, astfel încît să se utilizeze în trepte succesive întregul potenţial al cursului de apă la căderi cît mai mari.

1.4. Dimensionarea MHC

În ţara noastră căderile pentru care se construiesc microhidroagregate pentru echiparea MHC corespund gamei $H \in [3\text{m}, 120\text{ m}]$.

De asemenea, atît debitele instalate, cît şi căderile alese trebuie să corespundă unor soluţii optime privind turbinele şi generatoarele disponibile şi, respectiv, tipul conductelor sau canalelor de aducţiune tipizate. Sub aspectul siguranţei în funcţionare, construcţiile hidrotehnice aferente amenajării MHC se dimensionează astfel încît să nu fie depăşite de apele mari, în medie, decît o dată la 100 de ani (asigurare de 1%).

Pentru MHC cu puteri de pînă la 100 kW, asigurarea este de 5% [2].

1.5. Regimuri de funcţionare ale MHC

MHC pot fi racordate la reţelele SEN sau pot funcţiona pe reţea izolată (neracordate la SEN). MHC neracordate la SEN sînt în general de puteri reduse (sub 100 kW) şi pot fi administrate de comune, organe silvice (în general administraţii locale). Aceste MHC nu pot asigura calitatea energiei produse, respectiv frecvenţa şi tensiunea constantă şi de aceea ele se exploatează numai cu personal permanent de supraveghere şi manevră, fiind dispuse, în general, pe lîngă comune, cabane şi alţi consumatoare izolate.

Pentru a folosi integral capacitatea energetică disponibilă se impune ca MHC-urile să fie racordate la SEN, ceea ce simplifică totodată şi echipamentele de automatizare, permiţînd exploatarea fără personal permanent de supraveghere (întreţinerea MHC efectuîndu-se de personal „service" zonal al IRE-urilor). Din punctul de vedere al regimului (modului) de exploatare, MHC pot funcţiona continuu, periodic sau după principiul „*tot sau nimic.*"

2. Funcţionarea MHC racordate la sistem după principiul „tot sau nimic"

2.1. Aspectul calitativ

Pentru echipamentele de MHC fabricate în ţara noastră zona de randamente optime este limitată la maximum 10—15% din debitul instalat. Dacă avem în vedere că rîurile şi pîraiele prezintă în cursul anului variaţii foarte mari de debite, singurul regim (sistem) economic de funcţionare al MHC este bazat pe principiul „tot sau nimic".

Regimul de funcţionare al MHC bazat pe acest principiu presupune acumularea apei pe o perioadă determinată (0,5 ore pentru debitul unei turbine), permiţînd funcţionarea întotdeauna la randamente optime (la puterea nominală). Racordarea la SEN şi funcţionarea după principiul „tot sau nimic" al MHC permite şi simplificarea cît mai accentuată a automatizării. În acest scop MHC trebuie să dispună de bazine compensatoare ale debitelor [3].

În perioadele în care debitul afluent Q_a este mai mare decît debitul instalat Q_i al MHC, turbina funcţionează în regim „continuu" deversîndu-se debitul $\Delta Q = Q_a - Q_i$. În perioadele în care $Q_a < Q_i$ turbina (turbinele) funcţionează un timp la debitul instalat Q_i pe baza debitului

afluent, suplimentat cu apă din bazinul compensator. Atunci cînd apa din bazinul compensator a ajuns la nivelul minim, traductorul de nivel comandă prin REGMO închiderea admisiei apei în turbină, cu aparatul director, și aceasta se oprește.

În continuare debitul afluent de pe rîu (pîrîu) umple bazinul compensator, iar cînd nivelul apei din acest bazin a atins cota normală turbina este pusă din nou în funcțiune.

Aparatul director al turbinei este acționat de un dispozitiv REGMO care îl închide sau îl deschide în poziția corespunzătoare debitului nominal (Q_i), la nivelul minim și respectiv maxim din bazinul compensator.

Numărul de porniri și opriri ale turbinei (turbinelor) depinde de Q_a, volumul bazinului compensator și numărul de grupuri al MHC.

Este de reținut că, la proiectare, alegerea numărului de grupuri pentru o anume MHC trebuie să aibă în vedere solicitarea la minimum a echipamentelor de acționare (dispozitivele mecanice și aparatajul electric) prin porniri — opriri (anclanșări — declanșări) cît mai rare. Aceasta deoarece „durata de viață" garantată de furnizorii de echipamente este limitată și depinde aproape în exclusivitate de aceste solicitări.

Se constată, așadar, că durata ciclului de funcționare a unui grup se compune dintr-o perioadă de funcționare la debitul Q_i și dintr-o perioadă de pauză, ce constă din umplerea bazinului compensator cînd grupul nu funcționează.

2.2. Analiza ciclului de funcționare pentru un grup generator al unei MHC

Este evident că funcționarea continuă a grupului (grupurilor) din cadrul MHC este cea mai indicată ($Q_i \leqslant Q_a$). De regulă, mai totdeauna $Q_i > Q_a$ și atunci funcționarea intermitentă este cea mai bună din punct de vedere economic pentru asigurarea randamentului optim și, respectiv, producția cea mai mare de energie electrică.

În scopul asigurării unui timp de funcționare (t_f) cît mai mare și a unor pauze (t_u), de umplere a bazinului compensator, cît mai scurte, se analizează în cele ce urmează durata ciclului $t_c = t_f + t_u$. Se pornește de la ipoteza că debitul turbinabil Q_t al MHC este egal cu debitul instalat, considerat ca debit nominal al turbinei.

Notînd cu V volumul util al bazinului compensator și cu T — timpul pe care acest bazin îl poate asigura pentru funcționarea MHC la debitul nominal (Q_i) fără aportul natural de debit ($Q_a = 0$), pentru cazul echipării MHC cu un singur grup se poate scrie :

$$V = Q_i \cdot T = Q_a t_u, \qquad (1)$$

$$Q_a t_f + Q_i T = Q_i t_f. \qquad (2)$$

Dacă se notează $Q_i/Q_a = k$ (coeficient de instalare a debitului), din (1) și (2) rezultă :

$$t_u = kT\,;\; t_f = \frac{kT}{k-1} \text{ și } t_c = t_u + t_f = \frac{k^2 T}{k-1}. \qquad (3$$

Luînd în considerare faptul că la proiectarea unei MHC atît Q_i, cît și T sînt elemente cunoscute, din (3) rezultă dependența funcțională $t_c = f(k) = > t_c = f(Q_a)$. Valoarea extremă a duratei ciclului t_c rezultă din ecuația :

$$\frac{\partial t_c}{\partial k} = \frac{Tk(k-2)}{(k-1)^2} = 0,$$

din care luînd în considerare $k > 1$, $(Q_i > Q_a)$ se deduce $k = 2$. Deoarece $\frac{\partial t_c}{\partial k} < 0$ pentru $k < 2$ și $\frac{\partial t_c}{\partial k} >$ pentru $k > 2$, rezultă că pentru $k = 2$ funcția $t = f(k)$ prezintă un minim a cărei valoare este $t_{cmin} = 4T$, iar $t_u = t_f = 2T$. Se constată de asemenea ușor că pentru $T = 0{,}5$ ore, valoare folosită curent în dimensionarea bazinelor compensatoare pentru MHC [2], este indicat un coeficient de instalare $k \in (1, 2$ pentru care $t_f > t_u$.

Astfel, de exemplu, pentru $k = 1{,}1$ și $T = 0{,}5$ ore rezultă $t_f = 5$ ore, $t_u \simeq 33$ min, iar $t_c \simeq 5$ ore și 33 min.

Din punctul de vedere al duratei ciclului, t are aceeași valoare și pentru cazul în care $k = 10$ numai că în această situație $t_u = 5\ h$, iar $t_f = 33$ min.

Este evident că în cazul în care $T > 0{,}5$ ore valorile duratelor considerate cresc. Dar pentru $T > 0{,}5$ ore volumul bazinului compensator crește, ceea ce înseamnă creșterea cheltuielilor de investiții.

Reglementările oficiale din țara noastră [2] recomandă ca volumul util minim al bazinului compensator să corespundă la $T = 0{,}5$ ore de funcționare a unui grup, dar, dacă terenul permite, sînt recomandabile bazine compensatoare de volume mai mari. Aceasta în condițiile în care se realizează indicatorii tehnico-economici ai investiției sub cei maxim admiși.

Trecînd la analiza numărului de porniri (n) ale grupului în decurs de 24 ore, se poate scrie

$$n = \frac{24}{t_c} = \frac{24(k-1)}{k^2 T}. \qquad (4$$

Ținînd seama că $t_{cmin} = 4T$, din (4) rezultă că $n_{max} = \frac{6}{T}$, iar pentru $T = 0{,}5$ ore $n_{max} = 12$ porniri în 24 ore. Numărul de porniri este deci cu atît mai mic cu cît k se apropie de valoarea unitară (cînd grupul funcționează continuu). Cor

cluziile sînt aceleași ca și în cazul analizei t_c pen- ru $t_f > t_u$.

Din relația (4) se pot deduce și valorile coefi- cientului de instalare k (în fond modulele de lebit) la care are loc un anumit număr de porniri :

$$\frac{nT}{24}k^2 - k + 1 = 0 \Rightarrow k_{1,2} = \frac{24}{nT}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{nT}{6}}\right). \quad (5)$$

Relația (5) conduce la aceleași concluzii cu privire la valorile lui k pentru reducerea numă- rului de porniri ale grupului în 24 ore.

Se constată așadar că numărul de porniri — opriri depinde esențial de coeficientul de insta- are al debitului în amenajarea MHC. În mod practic acest coeficient se stabilește pe baza urbei de durată a debitelor rîului (pîrîului) ame- najat ca urmare a datelor ce se primesc de la rganele specializate în hidrologie (Oficiile jude- ene de gospodărire a apelor, Direcțiile apelor, MH ș. a.)

Studiul numărului de porniri în 24 ore a unei IHC, echipată cu un singur grup, pentru $T =$ $= 0{,}5$ ore și pentru curba de durată a debitelor aracteristice rîurilor (pîraielor) de munte [3], 5], atestă faptul că într-un an, circa 40 de zile rupul funcționează continuu ($Q_a > Q_t$), iar în estul de 325 zile se înregistrează în total circa 700 de porniri (în medie 8,5 porniri pe zi), frec- ența cea mai mare a pornirilor situîndu-se în omeniul debitelor cu asigurarea de 15—80% circa 22—240 zile) în care se înregistrează în nedie 10 porniri pe zi.

Acest număr mare de porniri se răsfrînge nega- iv asupra fiabilității grupului și a instalațiilor lectromecanice anexe.

.3. *Posibilități de limitare a numărului de por- iri — opriri la grupurile din MHC*

Una din soluțiile tehnice ce s-ar putea aplica n scopul reducerii numărului de porniri-opriri unei MHC echipate cu un singur grup constă n utilizarea unui regulator care să acționeze supra dispozitivului REGMO pentru a închide paratul director al turbinei în funcție de debitul fluent, asigurînd o funcționare continuă a tur- inei. În acest sens trebuie avut în vedere că în azul MHC echipate cu un singur grup se poate ncționa și cu debite minime de 50—60% din ebitul nominal, ceea ce înseamnă că numărul e zile de funcționare continuă, dintr-un an, ar utea fi de circa 100 pentru cazul amenajărilor icrohidroenergetice pe rîuri (pîraie) de munte. În restul de 265 zile trebuie să se mențină ncționarea intermitentă a grupului. Astfel urata ciclului se poate mări în condițiile în care $> t_u$, diminuînd debitul maxim turbinabil prin chiderea aparatului director al turbinei, în erioadele în care debitul afluent pe cursul de apă amenajat este mai mic. În acest context la un debit turbinabil $Q_t = \rho Q_t$, $\rho \leqslant 1$, relația (2), din care rezultă timpul de funcționare t'_f, capătă forma :

$$Q_a t'_f + Q_t T = Q_t t'_f, \quad (3)$$

din care :

$$t'_f = \frac{Q_t T}{Q_t - Q_a} = \frac{\rho k T}{\rho k - 1}. \quad (7)$$

Durata de umplere a bazinului rămînînd ace- eași ca și în cazul precedent $t_u = k T$, rezultă că durata ciclului capătă forma :

$$t'_c = t_u + t'_f = kT + \frac{\rho k T}{\rho k - 1} = \frac{kT(\rho k + \rho - 1)}{\rho k - 1}. \quad (8)$$

Studiind, ca și în cazul precedent, extremele funcției $t'_c = f(k)$, rezultă ecuația :

$$\frac{\partial t'_c}{\partial k} = \frac{\rho^2 k^2 - 2\rho k - \rho + 1}{(\rho k - 1)^2} = 0,$$

din care :

$$k_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{\rho}}{\rho}. \quad (9)$$

Deoarece $k > 1$, soluția ce se adoptă din (9) este $k = k_1 = (1 + \sqrt{\rho})/\rho$, pentru care funcția $t'_c = f(k)$ prezintă un minim a cărui valoare rezultă prin înlocuirea $k = k_1$, dat de (9), în (8) :

$$t'_{cmin} = \rho^{-1}(1 + \sqrt{\rho})^2 T. \quad (10)$$

De asemenea, pentru duratele componente ale ciclului se obțin valorile :

$$t_u = \rho^{-1}(1 + \sqrt{\rho})T \text{ și } t'_f = \rho^{-1/2}(1 + \sqrt{\rho})T. \quad (11)$$

Analizînd valorile t'_c se constată ușor că această durată este cu atît mai mare cu cît valorile k și ρ sînt mai apropiate.

Calculînd numărul de porniri (n') al grupului în decurs de 24 ore, se poate scrie :

$$n' = \frac{24}{t'_c} = \frac{24(\rho k - 1)}{kT(\rho k + \rho - 1)}, \quad (12)$$

iar :

$$n'_{max} = \frac{24}{t'_{cmin}} = \frac{24\rho}{(1 + \sqrt{\rho})^2 T}. \quad (13)$$

Considerînd cu titlu exemplificativ cazul unei MHC la care debitul turbinabil minim admisi- bil $Q_t = 0{,}5 Q_t$, respectiv $\rho = 0{,}5$ și $T = 0{,}5$ ore, din (13) rezultă că numărul maxim de porniri în 24 ore este doar de 8,2.

Așadar, realizîndu-se o închidere în trepte a admisiei apei în turbină prin aparatul director

(pentru valori diferite ale lui ρ se obţin diferite valori k pentru T dat) se poate micşora sensibil numărul de porniri ale grupului. Reducerea numărului de porniri este deci posibilă prin corelarea deschiderii aparatului director, respectiv ρ, cu debitul afluent, respectiv k.

Treptele de variaţie a debitelor afluente se pot determina prin timpul în care debitul afluent în bazinul compensator umple un anumit volum delimitat de două repere. Un releu de temporizare comandă acţionarea dispozitivului REGMO, oprirea acestuia făcîndu-se prin contacte fixate pe tija sa, corespunzătoare unghiurilor prestabilite de deschidere a aparatului director.

În ipotezele menţionate, se poate constata uşor că pentru domeniul $k\in(1, 2)$ numărul pornirilor se reduce simţitor, astfel încît numărul maxim de porniri ($n'_{max} = 8{,}2$), în 24 ore, apare într-un domeniu mult mai limitat.

Pentru a putea folosi în mod practic această modalitate de reducere a numărului de porniri este necesar ca punctul de funcţionare al turbinei la debitul instalat să se situeze pe caracteristica acesteia cît mai aproape de debitul maxim turbinabil, pentru a putea folosi cu randamente cît mai bune un grad de deschidere al aparatului director ρ cît mai mic.

Diminuarea pierderilor de sarcină la micşorarea debitului turbinabil are drept urmare creşterea căderii nete, ceea ce impune determinarea unui punct adecvat căderii maxime pe caracteristica turbinei.

Micşorarea eventuală a randamentului global al MHC prin funcţionarea la diferite debite şi căderi poate fi parţial compensată prin creşterea căderii nete la debite mai mici.

3. Concluzii

3.1. O funcţionare a MHC, echipate cu un singur grup, cu un număr cît mai redus de porniri, implică un coeficient de instalare a debitului $k\in(1, 2)$ şi deci $Q_i = (1 - 2)Q_a$, inclusiv închiderea în trepte a aparatului director al turbinei, adică o mai bună corelare a debitului turbinabil cu cel afluent.

3.2. Funcţionarea cît mai apropiată de ce continuă a unei MHC implică utilizarea mai mul tor grupuri, cu care se echipează aceasta, prevă zute cu regulatoarele aferente. Cheltuielile supli mentare ce apar pot fi compensate parţial sa total prin reducerea volumului util al bazinulu compensator, care, în acest caz, se poate reduc practic la dimensiunile unei camere de încărcare

În acest fel se pot mai bine valorifica varia ţiile inerente ale debitului afluent în sensul creş terii energiei produse de MHC.

3.3. O aprofundare a aspectelor abordate î acest articol presupune cunoaşterea parametri lor de fiabilitate ai echipamentelor electromeca nice a MHC, stabilirea indicatorilor de siguranţ şi ca urmare adoptarea acelor soluţii de echi pare care să conducă la creşterea duratei ciclu lui de funcţionare a acestor obiective şi reducere numărului de porniri-opriri în 24 ore.

Toate acestea se vor putea clarifica odată c experienţa ce se va acumula ca urmare a obser vării comportării în exploatare a primelor MH puse în funcţiune în ţară, proiectate şi executat în concepţia valorificării debitelor afluente dup principiul „tot sau nimic".

Bibliografie

[1] S f i c h i, R. *Microhidrocentralele — utilizarea mai inten a potenţialului energetic.* În : Era socialistă, nr. 14, 198 pag. 12—14.

[2] * * *, *Normativ cadru pentru întocmirea PE ale microhidr centralelor (experimental în perioada* 1982—1983) MEE ISPH Bucureşti, 1982.

[3] C o g ă l n i c e a n u, A. *Direcţii principale în amenajar micropotenţialului hidroenergetic al României.* Sesiun de comunicări tehnico-ştiinţifice". Noi orientări în amen jarea resurselor hidroenergetice. Drobeta-Turnu Sever 8—10 septembrie 1982.

[4] S f i c h i, R. şi c o l. *Aspecte privind experienţa de proie tare şi execuţie a microhidrocentralelor în cadrul IR Suceava.* Sesiunea de comunicări tehnico-ştiinţifice ISP „*Noi orientări în amenajarea resurselor hidroenergetice* Drobeta-Turnu Severin, 8—10 septembrie. 1982.

[5] S f i c h i, R. şi c o l. *Asupra stadiului de valorificare micropotenţialului hidroenergetic din judeţele Suceava Botoşani. Optimizarea soluţiilor constructive a microhidr centralelor.* A V-a consfătuire a energeticienilor din jud ţele Suceava şi Botoşani. Suceava 19 mai 1983.

(Primite la 27 iunie 1983, acceptat la 27 decembrie 1983

Consideraţii privind preocupările IRE Suceava, în elaborarea de soluţii economice pentru racordarea la sistem a microhidroagregatelor

. Situaţia actuală

Pentru legarea generatoarelor asincrone cu puteri de 400, 30 şi 800 kW la bornele dulapului de protecţie a generatorului (DPG) în proiectul tip ISPH, partea de echipare electromecanică, se prevăd bare protejate tip DISPAR 1500 A, ar pentru legarea barelor generale ale dulapului de comandă i distribuţie, DCD, la placa cu izolatoare de trecere se prevăd are neizolate din aluminiu.

Pentru racordarea MHC la sistem, respectiv la bornele de oasă tensiune ale transformatorului de 20/0,4 kV, se indică ouă soluţii [4] :

— folosirea barelor neizolate din Al de la placa de trecere bornele de joasă tensiune ale transformatorului;

— folosirea cablurilor monofazate de joasă tensiune de la laca de trecere la bornele de joasă tensiune ale transformatorului, pozat în şanţ.

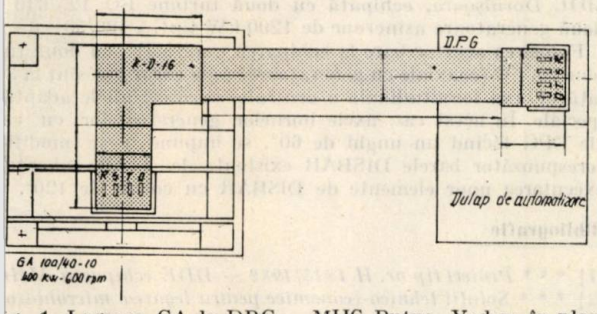
Deosebit de cele relatate, se constată că :

1. Pentru legarea generatoarelor asincrone la sistem, respectiv la bornele transformatoarelor de putere, soluţiie prevăzute nt neeconomice şi incomplete pentru curenţi mai mari de 500 A, neexistînd placa cu izolatoare de trecere adecvată.

2. Pentru generatoarele asincrone cu puteri mai mari (1000 1200 kW), în fabricaţie la ICM Reşiţa nu sînt date soluţii de acordare la DPG.

3. Barele protejate tip „DISBAR" au secţiunea maximă de 00 × 10 mm² şi prezintă siguranţă numai pentru legarea eneratoarelor de 400 şi 630 kW.

4. Faţă de actualul amplasament al generatorului şi al DPG abilit în proiectul tip, folosirea DISBAR-ului este anevoioasă neeconomică. La data actuală este necesară folosirea mai ultor coturi şi canale magistrale mai lungi, pentru realizarea găturii de la bornele generatorului la bornele DPG, întrucît ceste forme nu sînt paralele (fig. 1).



g. 1. Legarea GA la DPG — MHC Putna. Vedere în plan orizontal.

Din proiect rezultă că legătura necesită mai multe materiale, ocupare de spaţiu în centrală şi o montare inestetică a DISBAR lui.

II. Soluţii tehnico-economice propuse pentru legarea generatoarelor asinerone la DPG

1. Înlocuirea barelor protejate DISBAR cu cabluri monofazate de joasă tensiune tip ACYY 1 × 400 0,6/1 kV [4].

2. Renunţarea la treceri izolate interior-exterior de 1600 A 0,4 kV prin perete sau înlocuirea cu ţevi din PCV pentru legarea barelor generale din DPG la bornele de joasă tensiune ale transformatoarelor.

3. Schimbarea poziţiei bornelor generatoarelor asincrone de 400 şi 1200 kW, în lungul axelor pentru a fi paralele cu axele bornelor DPG.

4. Reamplasarea DPG în faţa generatorului asincron.

5. Adaptarea barelor DISBAR tip A 2500 A cu carcasă de protecţie I.P. 205 — pentru generatoarele de putere mari 800, 1000 şi 1200 kW [5].

Variante constructive DISBAR tip A 2500 A, 600 V, 50 Hz cu carcasă de protecţie IP 205 şi cu lonjeron.

III. Realizarea practică a soluţiilor propuse

Soluţiile propuse 1 şi 2 necesită aplicarea tehnologiei Trustului de instalaţii şi automatizări Bucureşti (TIAB) de legare a cablurilor monofazate la bornele generatorului asincron (fig. 2) şi la barele generale DPG, folosind papuci Ps 400. De la barele generale la bornele transformatorului de putere legarea se face după tehnologia cunoscută. Legarea cablurilor monofazate la barele generale, respectiv la DPG şi transformator se face după tehnologia clasică, aplicată în mod curet pe şantiere.

Soluţia 3 cu bornele generatorului dispuse în lungul axei sale se realizează practic după desenul de execuţie reprezentat în figura 3. În acest caz bornele generatorului şi al DPG, sînt paralele, astfel că se realizează o legătură directă prin DISBAR de la bornele generatorului la bornele DPG, cu economie de materiale şi manoperă.

Pentru executarea legăturii propriu-zise sînt necesare următoarele elemente ale DISBAR :

a — un canal magistral CM 16/2 în lungime de 1,75 m ;
b — un canal magistral CM 16/1,5 în lungime de 1,5 m ;
c — o cutie de derivaţie tip cot sus K—H—16 ;
d — o cutie de derivaţie tip cot jos, K—J—16.

Soluţia 4 cu DPG rotit cu 90° în faţa generatorului asincron se realizează în mod similar cu soluţia precedentă. În acest caz canalul magistral CM 16/2, cotul jos K—J—16 şi cotul sus

Tabelul 1

Nr. var.	Tipul	Curent nominal (A)	Distanţa între suporturile izolatoare (m)	I_{sc} (kA)	Distanţa între axele barelor (mm)	Bare STAS 3322—66	Izolatoare U7 LJ9	Lonjeroane
1	A 21	2500	1,5	75	152	3F—2×100××10 1N—10×100××10	6	4 U3×60×3 (P3)
2	A 22	2500		85	152	”	6	4 U3×60×3 (P3)
	A 23	2500	0,75	110	152	Idem izolată	6	4 U30×60×3 (P3)

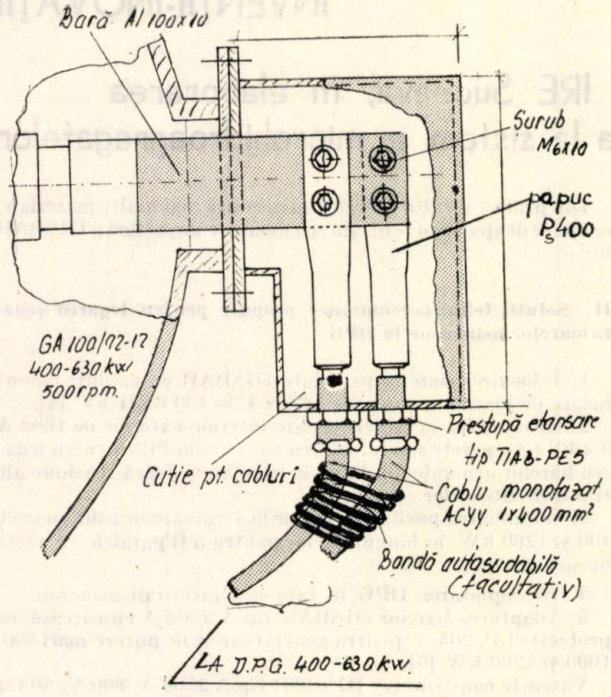


Fig. 2.

K—H—19, se rotesc cu 90 odată cu DPG pînă în fața generatorului.

Această soluție este foarte ușor de pus în practică, avînd în vedere că se poate aplica atît la echiparea MHC cu turbine tip FO, cît și cu turbine tip EOS. Ușa se poate reamplasa pe peretele lateral al MHC.

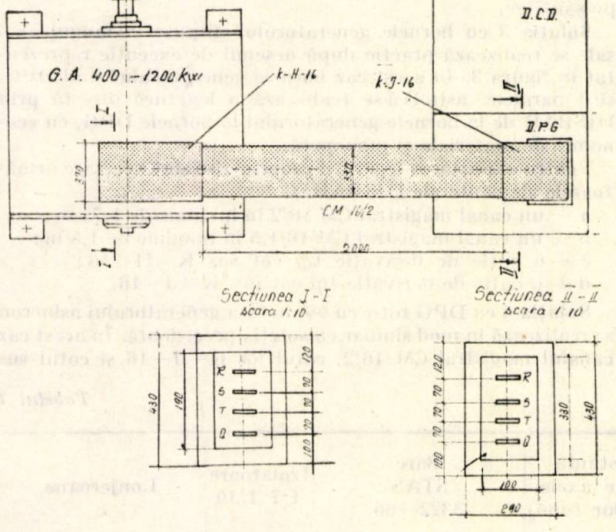


Fig. 3. Montare DISBAR direct de la GA la DPG.

Soluția 5 (fig. 4) se realizează cu bare DISBAR A 2500 și utilizînd tehnologia curentă TIAB.

Elemente de eficiență economică

Soluția 1. Din compararea costurilor pentru folosirea DISBA cu costurile aferente folosirii cablului monofazat în două sit ații, rezultă o reducere de 33, respectiv 48%.

Soluția 2. Din compararea costurilor trecerii izolate și a barelor neizolate fixate pe izolatoare suporturi cu costuri

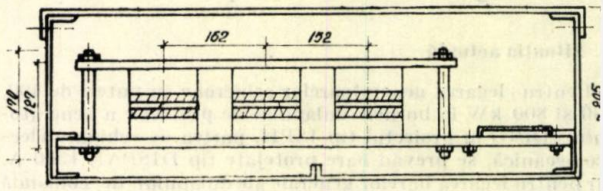


Fig. 4.

țevilor de trecere din PVC tip MD-110, inclusiv legarea izolarea cablurilor (cablurile sînt trecute în devizul „Raco la sistem"), rezultă o reducere de 77%.

Soluțiile 3 și 4. Eficiența economică rezultă din comparar costului DISBAR, realizat după actualul amplasament d proiectul tip ISPH cu soluția propusă, în care bornele sî paralele cu axa generatorului, respectiv cu ale DPG, rezultî o reducere de 30%, inclusiv cheltuielile de manoperă.

Soluția 5. La această soluție eficiența economică rezultă d avantajele confecționării centralizate a barelor DISBA A-2500 A pentru legarea generatoarelor de putere mare la sist mul energetic.

Deoarece în proiectul tip nu se dau soluții în acest scop, fi care unitate își confecționează bare unicate în ateliere prop cu cheltuieli mult mai mari de materiale și manoperă față confecționarea acestor bare tipizate în întreprinderi specia zate. În cazul tipizărilor ar rezulta o economie de peste 30 % așa cum reiese și din literatura de specialitate și din practic

Față de cele relatate mai sus se impune schimbarea pozi bornelor, în lungul axelor la generatoarele de 630, 400, 8(1000 și 1200 kW, atît în vederea legării cu cabluri (generato rele 400 și 630 kW), cît și a legării cu DISBAR A — 2500 A.

Folosirea barelor DISBAR A—2500 A cu carcasă de prote ție IP 205 și lonjeron nu ridică probleme deosebite pent MHC echipate cu un singur grup generator.

La IRE Suceava acest tip de bare se prevede a se realiza MHC Dornișoara, echipată cu două turbine FO 125/640 două generatoare asincrone de 1200 kW tipGA 120/50—6—

Folosirea acestor bare la echiparea unor MHC cu două tu bine tip FO (coaxiale cu generatoarele) ale căror axe sînt la 3 față de axa longitudinală a centralei necesită unele adaptă speciale. În acest caz, axele bornelor generatoarelor cu c ale DPG făcînd un unghi de 60°, se impune a se modifi corespunzător barele DISBAR existente la TIAB, eventu executarea unor elemente de DISBAR cu coturi de 120°.

Bibliografie

[1] * * * *Proiect tip nr. H 4815/1982 — DDE echiparea MH*

[2] * * * *Soluții tehnico-economice pentru legarea microhidr gregatelor asincrone de puteri diferite la DPG (dulap de pr tecție) și la bornele de joasă tensiune ale transformatoarel de putere, respectiv la sistemul energetic.* (Inovație înr gistrată la IRE Suceava sub nr. 9505/1983).

[3] *Detalii de execuție pentru proiectele în valabilitate. Rac dare la sistem a MHC, faza DDE, partea electromecani* Volumul I, nr. 910/1982, CIRE — SCP.

[4] * * * *Racordarea transformatoarelor de putere* 250—16 kVA *cu cabluri monofazate de joasă tensiune și papuci 1 400 mm².* FT P800—178—TIAB.

[5] * * * *Distribuție în bare de 2500 A, 660 V, 50 Hz cu bc de aluminiu neizolate și izolatoare IT 7/9.* FT P800—318

Ing. Emil Băsu
IRE Suceava

Noi module de căptuşeală cu greutate mică, folosite la cuptoare

Blocurile (modulele) prefabricate din fibre ceramice (pliate i comprimate) sînt mai uşor de montat şi rezistă mai bine la nedii agresive. Acestea se utilizează în industria metalurgică, n industria ceramicii şi în petrochimie.

Acest nou tip de căptuşeală pe bază de fibre ceramice a fost ıus la punct de Compania Babcock and Wilcox în S. U. A. şi ıcum este fabricat în Europa de către „Morganite Ceramic ibres Ltd din Bromborough" (Anglia).

Modulele prefabricate sînt compuse dintr-o ţesătură de fibre eramice, îndoită în zig-zag şi comprimată într-o ramură de ıontaj de o tijă din oţel inoxidabil. Această ramă este fixată necanic prin două buşoane sudate de virola focarului. Fixarea n două puncte rezistă la vibraţii şi cum toate piesele metalice e află în spatele blocului din fibre ceramice (fiind astfel proejate termic), modulele prezintă o excelentă rezistenţă la încoıoiere şi la întindere.

Modulele sînt uşor de ridicat şi înlocuit în caz de deteriorare. Aceste module Saber au o suprafaţă frontală de 300 × 300mm i o grosime de 150 mm, 200 mm, 300 mm ; celelalte dimensiuni ot fi efectuate la comandă.

În comparaţie cu căptuşeala clasică confecţionată din mai ıulte straturi lipite pe perete, noile module pot fi utilizate la temperatură cu 100°C mai mare şi anume la 1200°C, în cazul ăptuşelii obişnuite, şi la 1300°C, în cazul căptuşelii de calitate uperioară (rezistă la aceste temperaturi în mod continuu).

Alte avantaje ale căptuşelii cu fibre ceramice sînt :

— greutate mai mică ;

— capacitate de reţinere a căldurii mai mică ;

— rezistenţă la şoc termic mai bună ;

— rezistenţa opusă gazului de viteza mare este ameliorată rezistenţa aerodinamică) ;

— realizarea unei protecţii mai bune pentru ancorajele ıetalice.

Noul tip de căptuşeală a fost aplicat în 37 instalaţii dinS.U.A. intre care : 24 în metalurgie (şi anume la cuptoare de recoare a bobinelor, cuptoare de reîncălzire), 4 cuptoare ceramice 9 încălzitoare din petrochimie.

Modulele din fibre ceramice Saber au fost utilizate şi la un ızan al companiei Getty Oil în Texas (la Bakersfield), în locul etonului refractar.

Focarul alimentat cu gaz natural are lungimea de 1,2m şi ıametrul de 3,4 m. El funcţionează continuu la 1000°C pe o urată estimată la aproape 3 ani şi furnizează aburul supraıcălzit ce este pompat în sol pentru facilitarea extracţiei etrolului brut prea vîscos. Viteza gazului este de 16 m/s.

nformaţie obţinută de la EIBIS Internaţional, Londra)

Ing. Florentina Săftoiu
ICEMENERG

ıstalaţie experimentală semiindustrială pentru cercetarea ːurii şi a preluării căldurii ecranelor membrană la curăţirea, ı ajutorul apei, a depunerilor de cenuşă

O metodă eficientă de curăţire de cenuşă şi zgură a suprafeţelor radiante o reprezintă spălarea lor cu un jet cu apă. izlocarea straturilor de cenuşă şi zgură ce se îndepărtează, zultă ca urmare a tensiunilor termice ce apar în momentul ıntactului jetului de apă rece cu suprafaţa supraîncălzită a ːpunerilor.

Deşi durata de contact dintre jetul de apă rece şi suprafaţa praîncălzită este foarte scurtă (fracţiuni de secundă), apare tuşi o răcire bruscă a suprafeţelor exterioare a ţevilor metaːe. Repetarea ciclică a acestor solicitări poate duce la apari ı de fisuri generate de oboseala termică. De aceea, în U. R.S.S ı considerat necesar să se cerceteze în condiţii de exploatare, ıportarea ecranelor membrană cu care sînt prevăzute toate ızanele de mare putere proiectate în ultima perioadă.

Instalaţia experimentală semiindustrială este constituită din diverse suprafeţe de încălzire, schemă de măsură şi aparat de spălare.

În compunerea suprafeţei de încălzire se includ un panou membrană şi ţevi cu suprafaţa netedă. Panoul cu dimensiunea 2050 mm × 828 mm este format din ţevi Ø32 × 6 din 12X1MZ, cu un pas de 46 mm şi a fost montat pe un cazan ЦТКИ 75—39—Ø pentru arderea prafului de şist la CTE Kohtla-Earvesc.

Întrucît regimul termic al suprafeţei metalice de preluare a radiaţiilor trebuie să corespundă temperaturilor de regim ale ecranelor membrană ale cazanelor de mare putere, s-a folosit ca agent purtător termic aburul.

Intrarea în panou este racordată la generatorul de abur treapta I, iar ieşirea în colectorul aburului supraîncălzit. Spălarea de cenuşă se efectuează o dată la schimb.

Fiecare panou are prevăzut patru puncte de măsură. Astfel de instalaţii experimentale au fost montate pentru prima dată în decembrie 1980.

(Traducere din : Sunrkuns—Trudi Tallininskogo politehnicheskogo instituta, nr. 522, 1982, p. 31—39).

Ing. Ştefan Nibeleanu
ICEMENERG

Evaluarea performanţelor energetice şi economice ale încălzirii apei menajere cu pompe de căldură

Se prezintă rezultatele măsurătorilor de randament efectuate asupra a cinci tipuri constructive diferite de pompe de căldură oferite pe piaţa franceză, cu capacităţi între 200 şi 300 l şi cu o putere electrică absorbită mai mică de 900 W, în variantele cu alimentare cu aer din mediul ambiant şi cu aer recuperat din instalaţiile de ventilaţie.

În a doua parte a articolului se fac consideraţii tehnico-economice asupra echipamentelor studiate. Încălzitoarele de apă termodinamice de tipul celor descrise asigură un volum anual de 35 m^3 de apă caldă menajeră. Economiile pentru utilizator, în comparaţie cu soluţiile clasice de încălzire electrică, sînt de 24% pînă la 43%, în funcţie de tipul constructiv.

(Traducere din : Le Moniteur, Franţa, nr. 397, februarie 1983, p. 28—33)

Încercări asupra izolaţiei cablurilor cu ulei sub presiune

Firmele Sumitomo şi Pirelli au realizat cercetări experimentale în scopul determinării caracteristicilor dielectrice ale izolaţiei stratificate hîrtie-polipropilenă — hîrtie destinată cablurilor cu ulei sub presiune (1,5. . . 2,0 MP a) de înaltă tensiune (138...550kV). Izolaţia este executată de firma Phelps Dodge—S. U. A.

Rezultatele au confirmat comportarea foarte bună a noii izolaţii :

— rigiditatea dielectrică la curent alternativ creşte cu 40—45%, odată cu creşterea presiunii fluidului de lucru de la 0,1 la 2,0 MPa ;

— rigiditatea dielectrică la impuls creşte cu 10—15% la aceeaşi creştere a presiunii uleiului ;

— rigiditatea dielectrică la curent alternativ este cu 25% mai ridicată decît la hîrtie ;

— rigiditatea dielectrică la impuls este cu 25—30% mai ridicată decît la hîrtie.

(Traducere din : EPRI Journal, iunie 1983, p. 46)

Cameră de vizualizare a efectului Corona

Firma CMR Electronics din Scunthorpe, Marea Britanie, a realizat o cameră portativă şi independentă de vizualizare a întregii game a spectrului în ultraviolet, în condiţiile luminii de zi. Principala aplicaţie este vizualizarea efectului Corona asociat tensiunilor înalte la unele echipamente electroenergetice astfel încît suprasolicitările dielectrice să fie observate

înainte de a genera stropungeri sau conturnări. Banda de trecere asigurată de filtre este 295 mm — 496 mm. Greutatea camerei este de 10 kg și se alimentează cu 12 V c. c. sau 240 V c. a.

(Traducere din : International Power Generation, dec./ian 1983—1984, p. 5)

O stație de încercări de mare putere

Stația de mare putere Volta realizează încercări de scurtcircuit, de sarcină capacitivă sau inductivă etc. Echipamentele încercate pot fi puse în condiții climatice deosebite : temperatura, de exemplu, poate fi reglată între —55°C și +85°C. Toate încercările se desfășoară conform recomandărilor CFI. Laboratorul Volta lucrează în primul rînd pentru companiile din grupul Merlin Gerin, Franța.

Stația este compusă din două laboratoare. Laboratorul de Nord este format din două celule pentru teste de înaltă tensiune pînă la 50 kV, una din ele fiind conectată la un circuit sintetic de încercare monofazată pînă la 110 kV/40 kA. O a treia celulă este rezervată tensiunii joase. Laboratorul de Sud are, de asemenea, două celule de înaltă tensiune și una de joasă tensiune. Tensiunea maximă este de 100 kV pentru circuite monofazate sau 200 kV cu punctul mediu al sursei conectat la pămînt. Camera climatică formează a patra celulă cu parametrii de încercare 25 kV și 40 kA ; viteza de variație a temperaturii este de la temperatura mediului la +85°C, în circa o oră. La răcire grandientul mediu este de —10°C/oră. Volumul util al camerei este de 203 m^3.

Sursa de putere este constituită din trei alternatoare de scurtcircuit. Două sisteme de bare de 18 kV și un sistem de bare de 100 kV leagă Laboratorul de Sud cu cel de Nord și asigură o mare flexibilitate stației. Echipamentul suportă și asigură pînă la 300 kA vîrf. Generatoarele de scurtcircuit au puterile de 2 × 800 MVA și respectiv 3600 MVA.

Aparatura de măsură și înregistrare este formată, în principal dintr-un oscilograf galvanometric, înregistrator cu o viteză a hîrtiei pînă la 5 m/s într-o gamă de frecvențe de 0—4 kHz și u n oscilograf catodic cu 15 canale și o viteză a hîrtiei pînă la 50 m/s într-o gamă de frecvențe 0—50 kHz. Secvențele de măsură ca și cele de climatizare în camera climatică sînt controlate prin microprocesoare.

(Traducere din : IPG, dec/ian. 1983—1984, p. 10—11)

Echipament de testare a rotoarelor turbogeneratoarelor

GEC a anunțat două noi dispozitive pentru testarea nedistructivă a rotoarelor marilor turbogeneratoare : camera cu fibre optice și sistemul ABBOR.

Camera cu fibre optice (CFO) permite realizarea imaginilor suprafețelor unor fisuri cu numai 0,02 in distanță între perel (1 in = 2,54 cm). De exemplu, dispozitivul permite fotografierea textului unei pagini dintr-o carte închisă. CFO este formată din camera propriu-zisă și o lamelă flexibilă îngustă cu dimensiunile 0,018 in × 3 in × 6 ft (1ft = 30,5 cm). Lamela conține două straturi de fibre optice : unul transmite lumina necesară, celălalt transportă imaginea. Nu se folosesc elemente tradiționale ca lentile sau oglinzi : informația foto poate fi prelucrată și numeric. Se pot face fotografii în color sau lumină ultravioletă.

Sistemul ABBOR, bazat pe principiul reflectării undelo ultrasonore, este o versiune modernă pentru clasicul contro cu ultrasunete. El beneficiază de o prelucrare electronică d vîrf și un nou algoritm de identificare a fisurilor. În momentu testărilor se prelucrează un volum enorm de date. De exemplu testarea unui rotor de 20 ft lungime implică prelucrarea 1 300 000 000 valori.

(Traducere din : IPG, dec/ian. 1983—1984, p. 26—27)

Un contract pentru o centrală solară de 30 MWe

Departamentul energiei al S. U. A. a încredințat firmei Rock well International Corporation un contract de 8,6 milioane d dolari în vederea elaborării proiectului de execuție a unei cen trale solare de 30 MWe. Activitatea de proiectare se va desfă șura într-un interval de 14 luni. Amplasamentul vizat est Carrisa Plain, Bakersfield, California. Centrala este de ti cu heliostate și turn. Fluidul agent termic este sodiul lichic La baza turnului un grup turbogenerator cu abur genereaz energia electrică. Firma Bechtel asigură proiectarea părții tei mice și a structurilor de beton, iar firma Arco Solar proiec tează heliostatele. Programul prevede, în continuare, exe cuția și punerea în funcțiune a centralei în anul 1987, în cadru companiei PG E.

(Traducere din : Modern Power Systems, ian. 1984, p. 3)

Grupul energetic total Serck cu motor termic Land Rover

Odată cu modificările de legislație care permit racordarea l sistem a unor grupuri energetice de foarte mică putere fi mele constructoare au pus la dispoziție astfel de grupuri ; astf firma Serck din Marea Britanie oferă grupuri energetice „tot le" constînd dintr-un motor termic cu gaz natural, biogaz sa motorină, care antrenează un generator asincron conectat l sistem. Căldura recuperată din gazele de ardere și din răcire motorului se folosește la încălzire.

Tipul de grup CG 100 are turația 1500 rot/min și produc 15 kW electrici și 47 kW putere calorică la un consum de 75 k de combustibil. Aspecte constructive interesante sînt : răc rea directă cu apă a generatorului asincron, compactizarea insonorizarea grupului, demarajul pe partea electrică pri pornirea în regim de motor a generatorului electric, posibil tatea montajului în exterior.

Un prototip al grupului CG 100 se află în exploatarea exp rimentală de la începutul anului 1983 și s-a pus la punct și u grup cu putere superioară (36 kWe, 86 kW termici), antren de un motor cu 6 cilindri.

Se preconizează aplicarea la ferme, spitaluri, piscine, hot luri, complexe agro-zootehnice.

(Traducere din : Modern Power Systems, ian. 1984, p. 55—5

Ing. Cristian Țînțăreaun — ICEMENER

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

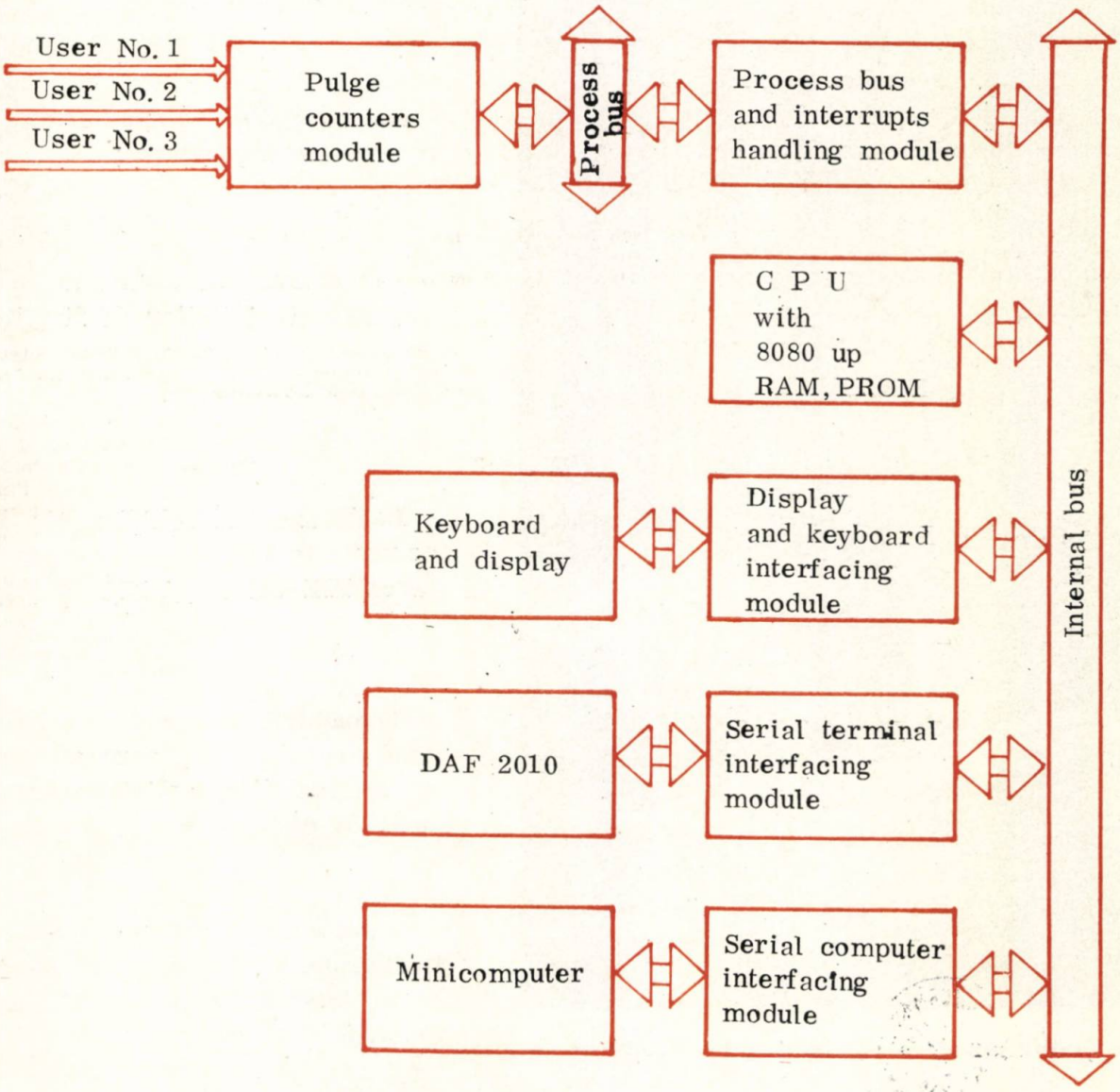
ELECTRIC POWER DEPARTMENT
ELECTRIC POWER SYSTEMS LABORATORY

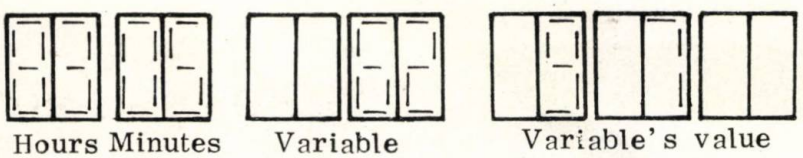
1 National Power System operation and control methodology ;

2 Technological solutions and schemes for the NPS automation ;

3 Experimental researches of the processes characterizing the NPS operating conditions ;

4 Technologies and equipments employed for the management of electrical power and energy in NPS.





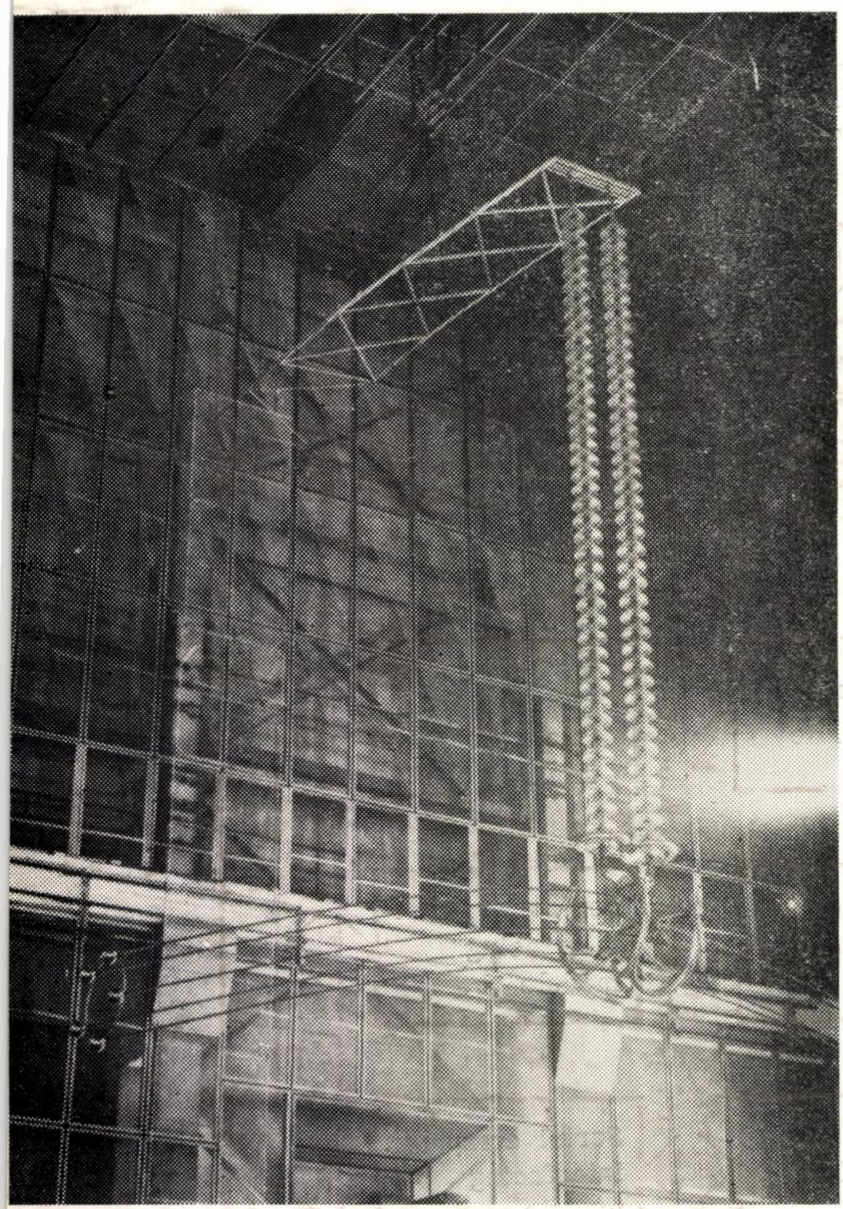
7	8	9	PT	PC
4	5	6	EC	PM
1	2	3	0	PH
			TIME	OLD
			ENTER	OUT

Microprocessor equipment for the real time management of electrical power energy on the network contours.

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCET
ŞI MODERNIZĂRI ENERGET
BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel.

1985 JAN 24



Incercarea lanţurilor de izolatoare pentru liniile de 750 kV.

ICEMENERG, prin secţia de cerce tare şi inginerie tehnologică pentru "Echipament energetic şi materiale (SEM), asigură :

- Imbunătăţirea echipamentului existent în exploatare ;

- Urmărirea păstrării sau amelio rea caracteristicilor de fiabilitate echipamentului electroenergetic î curs de asimilare ;

- Realizarea de echipamente de î cercare la înaltă tensiune pentru tarea IRE-urilor şi IEC-urilor ;

- Tehnologii de încercare şi înce cări propriu-zise, care să repro că cît mai fidel solicitările care apar în exploatare;

- Impreună cu CIRE, tehnologii de lizare, punere în funcţiune şi expl re a instalaţiilor de foarte înalt tensiune (750 kV).

2039

MW

8

(Elektrotechn.)
Energia
Fábián

REFERALVA

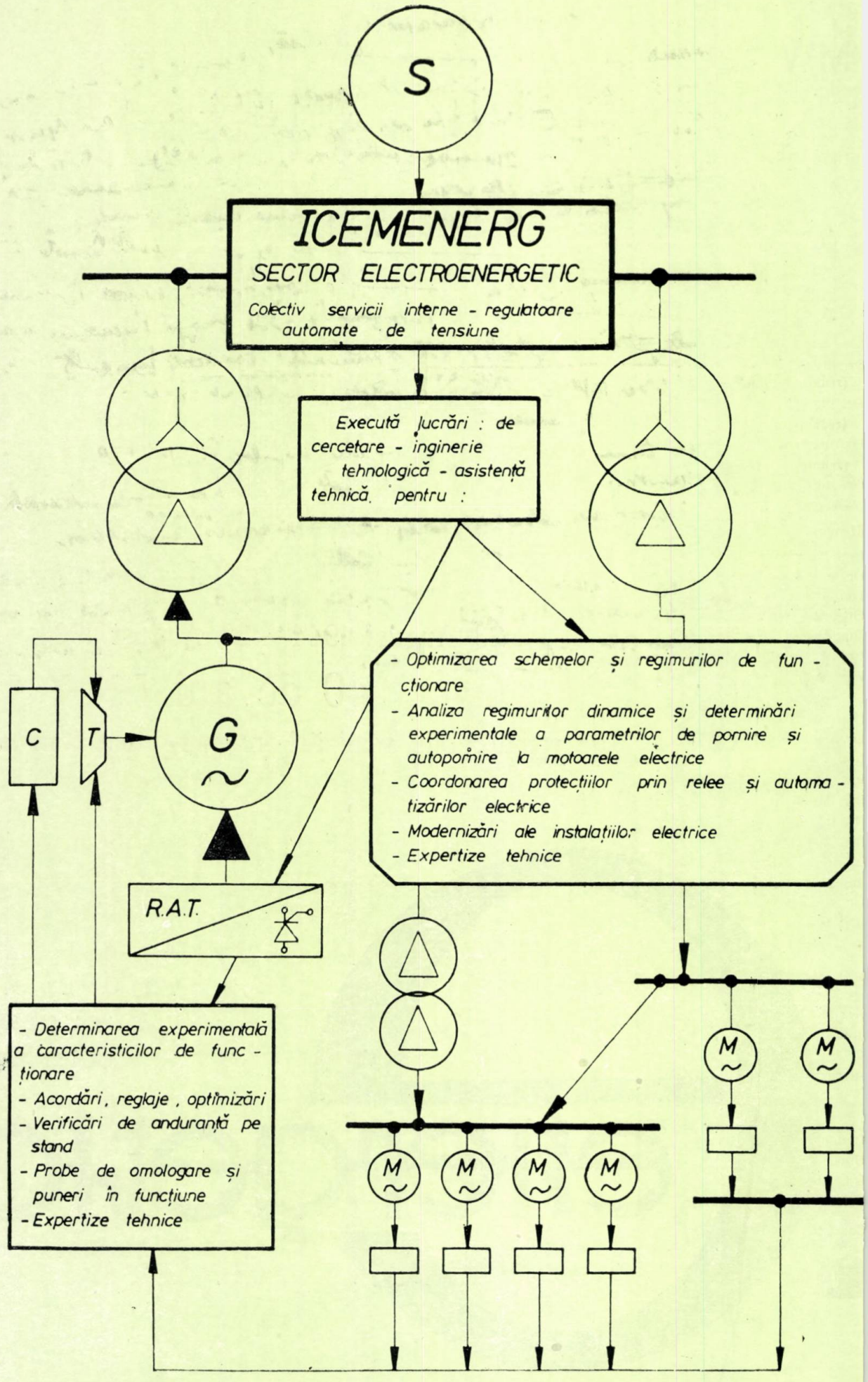
23 August 1944—23 August 1984

40 de ani

de remarcabile realizări în energetica românească

energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREȘTI
AUGUST 1984


S
ICEMENERG
SECTOR ELECTROENERGETIC
Colectiv servicii interne - regulatoare automate de tensiune
Execută lucrări : de cercetare - inginerie tehnologică - asistență tehnică pentru :
- Optimizarea schemelor și regimurilor de funcționare
- Analiza regimurilor dinamice și determinări experimentale a parametrilor de pornire și autopornire la motoarele electrice
- Coordonarea protecțiilor prin relee și automatizărilor electrice
- Modernizări ale instalațiilor electrice
- Expertize tehnice
C
T
G
R.A.T.
- Determinarea experimentală a caracteristicilor de funcționare
- Acordări, reglaje, optimizări
- Verificări de anduranță pe stand
- Probe de omologare și puneri în funcțiune
- Expertize tehnice
M
M
M
M
M
M

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIU DE REDACŢIE

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**
(redactor responsabil)
Dr. ing. **Nicolae Armencoiu**
(redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Gh. Bălan**
(redactor responsabil adjuct)
Dr. ing. **Eugeniu Pavel**
(secretar de redacţie)

Membri

Ing. **Paul Cartianu**
Dr. ing. **Jean Constantinescu**
Dr. ing. **Mario Duma**
Dr. ing. **Alexandru Florescu**
Ing. **Horia Furtunescu**
Ing. **Nicolae Georgian**
Ing. **Dan Iosifescu**
Dr. ing. **Gheorghe Luca**
Dr. ing. **George Manolescu**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Ing. **Ion Măiereanu**
Ing. **Nicolae Niculescu**
Ing. **Mihai Nistor**
Dr. ing. **Teodor Popa**
Ing. **Miron Popescu**
Dr. ing. **Victor Romert**
Ing. **Romulus Sfichi**
Ec. **Gheorghe Ursache**
Ing. **Romeo Zbarcea**

Revista ENERGETICA este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia
Bucureşti 74 568
Bd. Energeticienilor 8, sector 3
Telefon: 20 67 30; 21 46 30

Cd. 2406

I. P. Informaţia, str. Brezoianu, nr. 23—25, Bucureşti, sector 1.

ANUL 32 **8** AUGUST 1984

Cuprinsul

Cristea Ionescu-Tira: 23 August 1944—23 August 1984 341

ARTICOLE

Liviu Canciu, Nicolae Oprişiu: Determinarea grafo-analitică a unor mărimi mecanice în cazul unei acţionări cu motor electric asincron 342—343

Mircea Cârdu: Stadiul actual al cercetărilor privind ventilele de reglare a admisiei la turbinele cu abur 344—347

Ştefan Kilyeni: Implementarea sistemului de reglare automată a excitaţiei (SRAE), aferent generatoarelor din centrala Porţile de Fier 1, în programul de calcul pentru analiza regimurilor dinamice ale sistemelor electroenergetice (SEE) complexe. II. Etape de calcul. Considerarea nelinearităţilor. Probleme de calcul numeric 348—355

Dan Zlatanovici, Gheorghe Bălan, Filip Engster: Deteminarea stării izolaţiei înfăşurărilor statorice ale generatoarelor electrice, prin măsurători profilactice 356—363

Dan Stematiu, Ion Bichea, Liviu Popescu: Un criteriu energo-economic pentru determinarea volumului raţional de impermeabilizare (cu prezentare în limba engleză) 364—369

Marin Mihăilescu, Victor Răileanu: Reglarea electrohidraulică a turbinelor cu abur de 330 MW tip FIC 330 (cu prezentare în limba engleză) 370—376

INVENŢII — INOVAŢII 376—380

CRONICĂ

Unele aspecte privind problemele dezbătute la Seminarul asupra utilizării integrale a combustibililor cu putere calorifică scăzută—Moscova, 24—28 octombrie 1983 380—383

RECENZII 383—384

In revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice — prin Oficiul de Informare pentru Energetică.

Vasile Plești — șef OIDE

Ana Maria Chivu — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11 8.01 01. — BN R S R. Fil. sect. 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25 c. 2406

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through : ROMPRESFILATELIA-sectorul export-import presă P.O. Box 12-201, telex 10376 prsfir. București, Calea Griviței nr. 64—66.**

СОДЕРЖАНИЕ

ристеа Ионеску-Тира: 23 августа 1944 г. — 23 августа 1984 г. 341

ивиу Канчу, Николае Опришиу: Графо-аналитическое определение некоторых механических величин в случае использования асинхронного электродвигателя 342—343

Мирча Кырду: Нынешний этап исследований по вопросу регулировочных впускных вентилей для паровых турбин 344—347

Штефан Килиени: Внедрение Системы Автоматического Регулирования Возбуждения (САРВ) для генераторов ГЭС „ЖЕЛЕЗНЫЕ ВОРОТА I" в расчётную программу по анализу динамических режимов электроэнергетических систем (ЭЭС). II. Расчётный этап. Вопросы о численном расчёте. 348—355

ан Златанович, Георге Белан, Филип Энгстер: Определение состояния изоляции обмоток статоров электрических генераторов путём профилактических измерений 356—363

ан Стематиу, Ион Бика, Ливиу Попеску: Энергоэкономический критерий по вопросу определения объёма впрыскивания, с целью обеспечения водонепроницаемости (с изложением на английском языке) 364—369

Марин Михэйлеску, Виктор Рэйляну: Электрогидравлическая регулировка паровых турбин 330 МВт, типа FIC 330 (с изложением на английском языке) 370—376

ИЗОБРЕТЕНИЯ — НОВАТОРСТВА 376—380

РОНИКА

екоторые аспекты, касающиеся вопросов, обсуждаемых на семинаре, в отношении интегрального использочания топлива с низкой теплотворной способностью

ЕЦЕНЗИИ 383—384

INHALTSVERZEICHNIS

ristea Ionescu-Tira: 23. August 1944 — 23. August 1984 341

iviu Canciu, Nicolae Oprişiu: Die graphisch-analytische Bestimmung der mechanischen Grössen bei einem Antrieb mit asynchronem Elektromotor 342—343

Mircea Cârdu: Der gegenwärtige Forschungsstand über Eintrittsregelungsventile für Dampfturbinen 344—347

tefan Kilyeni: Die Einführung des automatischen Erregungsregelungssystems (SRAE) der Generatoren des Kraftwerkes Eisernes Tor I, in dem Berechnungsprogramm für die Analyse der dynamischen Regime der Elektroenergiesysteme (SEE). Teil II: Berechnungsetappen. Betrachtung der Nichtlinearitäten. Numerische Berechnungsfragen. 348—355

Dan Zlatanovici, Gheorghe Bălan, Filip Engster: Die Bestimmung des Isolationsstandes der Statorwindungen electrischer Generatoren durch Vorbeugungsmessungen 356—363

Dan Stematiu, Ion Bichea, Liviu Popescu: Ein energiewirtschaftliches Kriterium für die Bestimmung des rationellen Ausmasses der Undurchlässigkeitseinspritzen (mit einer Kurzfassung in Englisch) 364—369

Marin Mihăilescu, Victor Răileanu: Die elektrohydraulische Regelung der Dampfturbinen mit einer Leistung von 330 MW vom Typ FIC 330 (mit einer Kurzfassung in Englisch) 370—376

ERFINDUNGEN—ERNEUERUNGEN 376—380

CHRONIK

Einige Aspekte der Fragen erörtert beim Seminar über die restlose Anwendung der Brennstoffe mit niedrigem Heizwert-Moskau, 24.28 Oktober 1983 380—383

REZENSIONEN 383—384

SOMMAIRE

Cristea Ionescu-Tira: 23 août 1944 — 23 août 1984 341

Liviu Canciu, Nicolae Oprişiu: Détermination grapho-analytique de quelques grandeurs mécaniques dans le cas de certaines commandes à moteurs asynchrones 342—343

Mircea Cârdu: Le stade actuel des recherches sur les soupapes de réglage de l'admission au turbines à vapeurs 344—347

Ştefan Kilyeni: Implémentation du système de réglage automatique de l'excitation (SRAE), afférent aux générateurs de la centrale Porţile de Fier I, dans le programme de calcul pour l'analyse des régimes dynamiques des systèmes électroénergétiques (SEE) complexes. II. Etapes de calcul. Considérations sur les non linéarités. Problèmes de calcul numérique 348—355

Dan Zlatanovici, Gheorghe Bălan, Filip Engster: Détermination de l'état d'isolation des enroulements statoriques des générateurs électriques par des mesures prophylactiques 356—363

Dan Stematiu, Ion Bichea, Liviu Popescu: Un critère énergo-économique pour la détermination du volume rationnel d'injections d'imperméabilité (à présentation en anglais) 364—369

Marin Mihăilescu, Victor Răileanu: Le réglage électrohydraulique des turbines à vapeur de 330 MW, type FIC 330 (à presentation en anglais) 570—376

INVENTIONS—INNOVATIONS 376—380

CHRONIQUE

Quelques aspects sur les problèmes discutés au colloque concernant l'utilisation intégrale des combustibles à pouvoir calorifique inférieur—Moscou, 24—28 octobre 380—383

COMPTES—RENDUS 383—384

SUMMARIES

Cristea Ionescu-Tira: August 23, 1944 — August 23, 1984 341

DC 621.313.333

Liviu Canciu, Nicolae Oprișiu: The Graphical Analytical Determination of Mechanical Values for an Asynchronous Motor Drive

A graphical analytical method for the determination of the load torque and the rotative moment for an asynchronous motor drive is presented. The advantage of the method is that the main mechanical characteristics of the actuator are determined precisely enough for an industrial actuator without a special stand.

[*Energetica 32 (1984), nr. 8, p.* 342—343]

DC 621.165; 621.646.2.001.5

Mircea Cârdu: The Present Research Stage of Admission Control Valves for Steam Turbines

The paper contains a short presentation of the main results of some studies carried out during the last years abroad and in our country for the operation improvement, from the gasodynamic and mechanic aspect of steam turbines flow control valves.

[*Energetica 32 (1984), nr. 8, p.* 344—347]

DC 621.311; 621.313.12

Ștefan Kilyeni: The Automatic Excitation Control System (SRAE) Implementation of the Iron Gates I, in the Computation Program for the Complex Electric Power Systems Dynamic Regimes Analysis. Part. II: Calculation Stages. Non-linearities Consideration. Numerical Calculation Problems

Modelling of automatic control systems of asynchronous generators is an important component of the analysis programs of complex electric power systems dynamic behaviour mainly when the automatic control systems parameters optimization is the main object of study. The paper refers to the automatic excitation control system of an intensive type, which the synchronous generators of the Iron Gates I plant are equipped with.

In the second part of the paper, regarding the automatic excitation control system included in the generator model, the manner of solving the main calculation stages at the dynamic analysis is presented. The manner of solving non-linearities as well as some aspects connected to the numerical calculation methods used is approached.

[*Energetica 32 (1984), nr. 8, p.* 348—355]

DC: 621.313.12:621.3.045

Dan Zlatanovici, Gheorghe Bălan, Filip Engster: Determination of the Insulation State of the Electric Generators Statoric Windinqs Through Prophylactic Measurements

The paper sets forth the prophylactic measurement methodology for determining statoric windings insulations parameters: dielectric power factor, capacitance to earth, partial discharges.

Further on a series of qualitative and quantitative criteria are presented, criteria used by ICEMENERG for the insulation state analysis on the basis of these prophylactic measurement results.

The last section comprises the insulation state analysis in case of 5 generators with statoric insulation difficulties and the resulting conclusions, on the basis of which there where taken steps concerning the way of conducting capital repairs.

[Energetica 32 (1984), nr. 8, p. 356—362]

DC 626.01

Dan Stematiu, Ion Bichea, Liviu Popescu: An Energy-Economic Criterion for Determining the Rational Volume of Impermeabilization Injections (with a short presentation in English)

The paper cotains an evaluation on an energy-economic criterion of optimal impermeabilization injections volume for a high pressure head race such as to provide a balance between the impermeabilization injections investments and losses in the culvert.

Since specific determinations offering a direct link between the rock's permeability reduction and the injected cement consumption were unavailable the injection documents from a section of the Tău-Șugag culvert have been examined so that the above mentioned link as well as the manner in which the injection liquid spreads in the rock were obtained.

The exfiltration is admitted to be governed by the lay of Darcy, while the determination of the hydraulic loads within the rock and of the flows exfiltered from the race is performed by the solving with the finite elements method. The values of exfiltered flows affected by calculation hypotheses have been corrected, taking into account the flows transients and the real spreading of the exfiltration area. These values have been compared finally to measurements carried out systematically for some head races in Switzerland.

The proposed method has resulted in setting up some determination diagrams of the optimal injections volume depending on the regime pressure in the race and on the hydraulic conductivity of the rock.

[*Energetica 32 (1984), nr. 8, p.* 364—369]

DC 621.165; 621.3.52

Marin Mihăilescu, Victor Răileanu: 330 MW Steam Turbine Electrohydraulic Control (with a short presentation in English)

The present paper has as a main purpose to inform the staff working in the power department about one of the high technical level plants governing the 330 MW unit. Thus, it contains a brief description of the control valve governing system, speed circuits, acceleration, peripherals external connections and some problems regarding construction and reliability.

The characteristics, performance and some operation conclusions for more than 10 years of operation are presented.

The paper is also accompanied by a number of schematic drawings allowing a better understanding of the problem discussed.

[*Energetica 32 (1984), nr. 8, p.* 370—376]

INVENTIONS—INNOVATIONS 376—38

CHRONICS

Some Aspects Regarding Problems Discussed at the Seminar about the Exhaustive Use of Low Heating Value Fields-Moscow, October, 24—28, 1983 380—38

REVIEWS 383—38

23 August 1944 — 23 August 1984

Poporul român sărbătorește în acest an a 40-a aniversare a victoriei Revoluției de Eliberare Socială și Națională, Antifascistă și Antiimperialistă, în atmosfera de puternic elan creator și efervescență politică, determinate de întîmpinarea celui de-al XIII-lea Congres al P.C.R. Angajați cu perseverență în efortul pentru îndeplinirea istoricelor hotăriri ale Congresului al XII-lea și Conferinței Naționale ale partidului, oamenii muncii din patria noastră sînt animați de idealul făuririi societății socialiste multilateral dezvoltate.

Actul istoric de la 23 August 1944, realizat de poporul nostru sub conducerea Partidului Comunist Român, a deschis o eră nouă în istoria României.

Răsturnarea dictaturii militaro-fasciste, încetarea războiului antisovietic și trecerea României, cu întregul potențial economic și militar de partea coaliției statelor antifasciste, lichidarea formațiunilor militare germane aflate pe teritoriul României și participarea armatei române împreună cu armatele sovietice la eliberarea Transilvaniei, Ungariei, Cehoslovaciei și a unei părți din Austria au reprezentat o contribuție de seamă — recunoscută ca atare pe plan internațional — la înfrîngerea Germaniei hitleriste. Insurecția de la 23 August 1944 — așa cum subliniază secretarul general al partidului nostru, tovarășul Nicolae Ceaușescu, „a deschis calea înfăptuirii revoluției democratice, a revoluției socialiste și trecerii la construcția socialismului, a asigurat condițiile necesare marilor transformări revoluționare"[1].

Aplicînd creator legitățile generale ale construcției socialiste la realitățile concret-istorice ale țării noastre, tovarășul Nicolae Ceaușescu a inițiat noi și originale forme de afirmare plenară a maselor în conducerea treburilor țării. La temelia vieții noastre au fost puse munca, demnitatea ei — ca izvor al bunăstării — principiile eticii și echității socialiste. Sub conducerea partidului, a secretarului său, poporul român acționează cu toate forțele, cu deosebită perseverență pentru realizarea programelor adoptate de Conferința Națională a partidului privind dezvoltarea mai accentuată a bazei energetice și de materii prime, sporirea productivității muncii, îmbunătățirea calității produselor, realizarea integrală a sarcinilor de export. Așa cum a stabilit Congresul al XII-lea și Conferința Națională a partidului, în contextul preocupărilor principale ale poporului nostru stă sarcina dezvoltării mai puternice a bazei energetice, astfel că pînă în anul 1990 să se asigure independența deplină din punct de vedere energetic a țării. „Programul directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei în perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000" concretizează liniile directoare ale politicii energetice pentru dezvoltarea potențialului energetic al țării, gospodărirea lui cu maximă eficiență, raționalizarea și reducerea continuă a consumurilor de energie în toate domeniile.

În concepția partidului nostru, a secretarului său general, acest program vizează extinderea și perfecționarea sistemului electroenergetic național, devansarea realizării de centrale electrice pe cărbuni, valorificarea mai intensă a potențialului hidroenergetic, introducerea energiei nucleare și a noilor resurse de energie, diminuarea folosirii hidrocarburilor în producerea de energie electrică și termică. Se are în vedere valorificarea superioară a potențialului hidroenergetic al țării, extinderea utilizării cărbunelui și șisturilor bituminoase în centralele termoelectrice, dezvoltarea energiei nucleare, dezvoltarea cercetării științifice pentru soluționarea problemelor legate de utilizarea energiei geotermale, solare, eoliene, marine, precum și a biomasei și hidrogenului. Toate aceste obiective transformate în realități ale actualului și viitorului plan cincinal vor produce importante mutații în dezvoltarea bazei energetice a țării și în producția de energie care să contribuie la formarea unei economii moderne, capabilă a micșora decalajele economice care despart țara noastră de țările puternic industrializate.

În acești 40 de ani care au trecut de la actul realizat la 23 August 1944, România socialistă și-a consolidat continuu cuceririle politice, economice, sociale și culturale, adăugîndu-le noi valori revoluționare ce au permis poporului nostru să-și aducă o contribuție prețioasă la întărirea socialismului, la creșterea rolului și influenței acestuia pe plan mondial, la cauza păcii și progresului în lume. Țara noastră a devenit un membru activ și respectat al comunității internaționale, pozițiile pe care le susține se bucură de apreciere unanimă.

Prestigiul internațional al României este nedespărțit de numele și activitatea secretarului general al partidului, președintele republicii, tovarășul Nicolae Ceaușescu, făuritorul și promotorul întregii noastre politici externe, al orientărilor și acțiunilor internaționale ale partidului și statului în întreaga perioadă deschisă de Congresul al IX-lea.

Evoluția vieții politice internaționale se caracterizează prin pericolul pe care îl constituie escaladarea fără precedent a cursei înarmărilor și mai cu seamă a înarmării nucleare. În cuvîntarea la marea adunare populară de la Agigea cu ocazia inaugurării Canalului Dunăre—Marea Neagră, secretarul general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, apreciind că trebuie salvată Europa și întreaga lume de la distrugerea nucleară, a subliniat: "...noi considerăm că problema fundamentală a zilelor noastre este aceea a opririi cursei înarmărilor și îndeosebi a înarmării nucleare, trecerea la dezarmare și în primul rînd la dezarmare nucleară, eliminarea rachetelor cu rază medie de acțiune din Europa și a tuturor armelor nucleare, asigurarea unei păci trainice în întreaga lume!" [2].

Prof. univ. dr. Cristea Ioneseu—Tira
Universitatea București

1. Nicolae Ceaușescu — Expunere cu privire la stadiul actual al edificării socialismului în țara noastră, la problemele teoretice, ideologice și activitatea politică, educativă a partidului, prezentată la plenara C.C. al P.C.R., din 1—2 iunie 1982, București, Ed. politică, p. 17.

2. Nicolae Ceaușescu — Cuvîntarea cu ocazia inaugurării Canalului Dunăre—Marea Neagră, Scînteia, nr. 12988/27 mai 1984.

Determinarea grafo-analitică a unor mărimi mecanice în cazul unei acţionări cu motor electric asincron

Ing. Liviu Canciu, ing. Nicolae Oprişiu*

Introducere

Două din principalele mărimi mecanice ale unei acţionări de rotaţie sînt cuplul rezistent şi momentul de inerţie al ansamblului. În general, în datele tehnice referitoare la componentele unei acţionări se dau momentele de inerţie sub forma GD^2. După raportarea acestor valori la acelaşi arbore, prin însumare se obţine momentul de inerţie al întregului ansamblu. Cuplul rezistent al mecanismului antrenat, şi în special variaţia acestuia cu turaţia, nu se prezintă de obicei în datele tehnice. În continuare se prezintă o metodă grafo-analitică pentru determinarea cuplului rezistent şi a momentului de inerţie al ansamblului.

1. Determinarea cuplului rezistent cînd se cunoaşte momentul de inerţie

Ecuaţia mecanică a unei acţionări de rotaţie, în care se neglijează componenta proporţională cu viteza, este :

$$J\frac{d\Omega}{dt} = Mm(\Omega) - Mr(\Omega) \qquad (1)$$

unde :

J este momentul de inerţie al ansamblului în rotaţie, în N. ms^2;

Ω — viteza unghiulară, în s^{-1} [rad/s];

Mm — cuplul motor, în Nm;

Mr — cuplul rezistent, în Nm.

În cazul acţionării cu motor asincron, cînd se utilizează alunecarea, ecuaţia devine :

$$\frac{I\omega}{p}\frac{ds}{dt} = Mr(s) - Mm(s) \qquad (2)$$

unde :

ω este pulsaţia reţelei de alimentare egală cu $2 \cdot \pi \cdot f$;

f — frecvenţa tensiunii reţelei, în Hz;

p — numărul de perechi de poli ai motorului;

s — alunecarea, în unităţi relative.

Dacă se lucrează în unităţi relative pentru cupluri, ecuaţia se împarte cu cuplul nominal M_n.

Se observă că pentru determinarea cuplului rezistent este necesar să se cunoască cuplu motor şi cuplul de accelerare (membrul stîng al ecuaţiei mecanice de mai sus).

Din datele de fabrică şi din măsurător se pot determina parametrii motorului asincron, cu ajutorul cărora se poate trasa variaţia cu alunecarea cuplului motor la arbore. Pulsaţia reţelei de alimentare se cunoaşte, de asemenea şi numărul de perechi de poli ai motorului Momentul de inerţie al ansamblului se deduce din însumarea momentelor de inerţie parţiale raportate la arborele motorului. Variaţia alunecării în timp se obţine înregistrînd variaţia turaţiei motorului, în perioada de pornire a acţionării pentru regimul de sarcină dorit trasînd apoi grafic variaţia în timp a alunecării şi determinînd grafic derivata.

În figura 1 s-a trasat variaţia calitativă în timp a alunecării motorului unei acţionări în timpul pornirii. Pe această curbă se aleg mai multe puncte, cărora le corespund perech

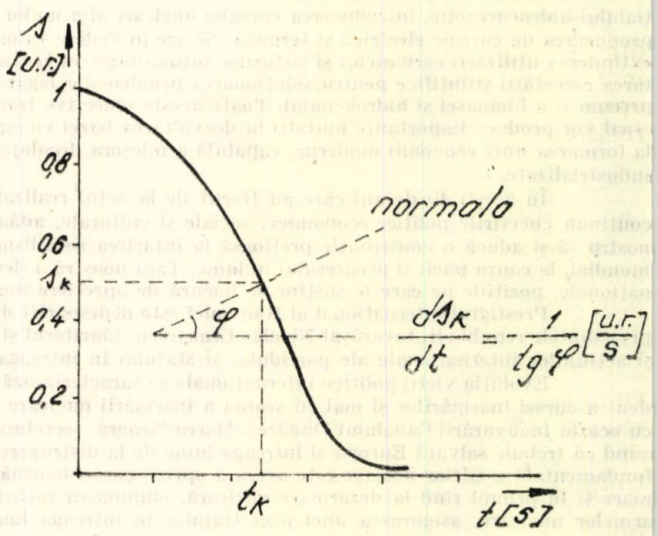


Fig. 1

de valori alunecare-timp. Se determină grafic derivatele curbei în aceste puncte, exprimate în unităţi relative pe secundă [u.r./s], valori cu care se calculează cuplurile de accelerare În figura 2 s-a reprezentat variaţia cuplului motor cu alunecarea, cuplu motor recalculat în funcţie de tensiunea efectivă la bornele

* Ing. Liviu Canciu şi ing. Nicolae Oprişiu sînt cercetători la ICEMENERG—Bucureşti

motorului în perioada de pornire. În cazul unui regim de pornire nesimetrică cu autotransformator bifazat cînd sistemul de tensiuni de alimentare se descompune într-un sistem direct și unul invers, cuplul motor se

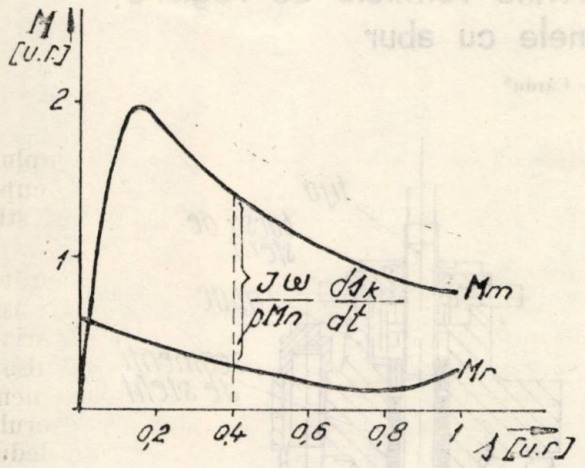


Fig. 2

obține din scăderea cuplului corespunzător componentelor de secvență inversă din cel produs de componentele se secvență directă. Prin scăderea din cuplul motor a cuplului de accelerare corespunzător alunecărilor din perechile de valori alunecare-timp alese, rezultă puncte de pe caracteristica cuplului rezistent.

2. Determinarea cuplului rezistent cînd nu se cunoaște momentul de inerție

Pentru eliminarea momentului de inerție din ecuația mecanică scrisă pentru pornire mai este necesară o ecuație pentru oprire, oprire făcută în aceleași condiții de sarcină rezistentă ca și pornirea:

$$\frac{J\omega}{p} \cdot \frac{ds}{dt} = Mr(s). \qquad (3)$$

În figura 3 se prezintă variația alunecării motorului în timpul opririi, curbă ce rezultă prin prelucrarea înregistrării turației în timpul opririi.

Prin derivarea grafică a curbei se obțin valorile derivatei alunecării pentru diverse valori de timp și alunecare. Pentru a se face distincție între valorile derivatei alunecării cu timpul pentru pornire și oprire se folosesc notațiile $\left(\frac{ds}{dt}\right)_p$ și respectiv $\left(\frac{ds}{dt}\right)_o$. Din cele două ecuații mecanice, de pornire și oprire, rezultă:

$$Mr(s) = Mm(s) \cdot \frac{\left(\frac{ds}{dt}\right)_o}{\left(\frac{ds}{dt}\right)_o - \left(\frac{ds}{dt}\right)_p}, \qquad (4)$$

toți termenii fiind calculați.

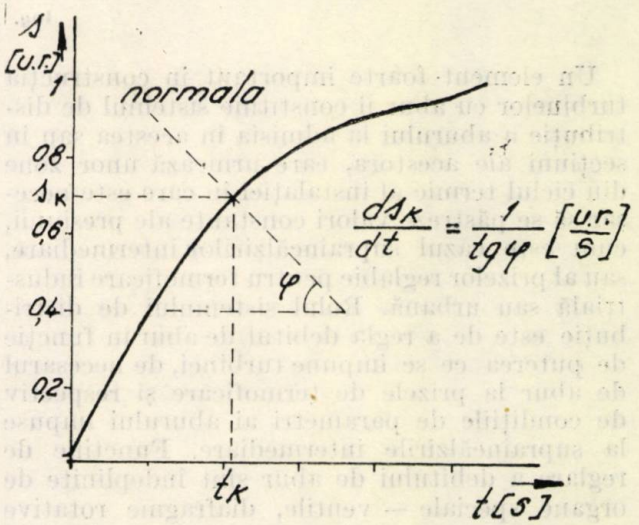


Fig. 3

Cunoscînd cuplul rezistent, rezultă momentul de inerție:

$$I = \frac{p \cdot Cr(s)}{\omega} \cdot \frac{1}{\left(\frac{ds}{dt}\right)_o}. \qquad (5)$$

Ca o verificare că s-a lucrat corect, trebuie ca momentul de inerție să aibă aceeași valoare pentru diverse perechi de valori cuplu rezistent-derivata alunecare.

3. Concluzii

Metoda grafo-analitică prezentată pentru determinarea caracteristicii cuplului rezistent și a momentului de inerție se poate utiliza pentru o acționare din cadrul unui proces tehnologic, cînd nu există posibilitatea folosirii unui stand, efectuînd un număr minim de măsurători și înregistrări. Condiția este să fie cunoscută caracteristica cuplului mașinii de antrenare. Desigur că precizia nu este foarte mare avînd în vedere erorile pe care le implică orice metodă grafică. Se consideră că precizia este totuși suficientă pentru o acționare industrială.

(Primit la 16 martie 1984, acceptat la 7 mai 1984)

Stadiul actual al cercetărilor privind ventilele de reglare a admisiei la turbinele cu abur

Ing. Mircea Cârdu*

Un element foarte important în construcția turbinelor cu abur îl constituie sistemul de distribuție a aburului la admisia în acestea sau în secțiuni ale acestora, care urmează unor zone din ciclul termic al instalației în care este necesar să se păstreze valori constante ale presiunii, cum este cazul supraîncălzirilor intermediare, sau al prizelor reglabie pentru termoficare industrială sau urbană. Rolul sistemului de distribuție este de a regla debitul de abur în funcție de puterea ce se impune turbinei, de necesarul de abur la prizele de termoficare și respectiv de condițiile de parametri ai aburului impuse la supraîncălzirile intermediare. Funcțiile de reglare a debitului de abur sînt îndeplinite de organe speciale — ventile, diafragme rotative sau clapete, în majoritatea cazurilor de tip „fluture" — acționate de servomotoare hidraulice (cu ulei sau lichid neinflamabil) comandate, la rîndul lor, de sistemul de reglare (hidraulic sau electrohidraulic) al turbinei.

Dintre tipurile de ventile pentru reglarea admisiei la turbinele cu abur cel mai des utilizate la ora actuală sînt ventilele monoscaun cu difuzor, care echipează și toate tipurile de turbine cu abur fabricate în prezent în țara noastră [4], [5].

În figura 1 este reprezentat, în secțiune longitudinală, un asemenea ventil utilizat la turbina cu abur de 330 MW fabricată la Întreprinderea de mașini grele București (IMGB).

Pe parcursul utilizării ventilelor de reglare, s-au constatat o serie de imperfecțiuni în calculul și construcția acestora, imperfecțiuni a căror înlăturare a constituit și continuă să constituie obiectul unui mare număr și volum de cercetări în instituții științifice sau laboratoare cu preocupări în domeniul turbomașinilor, în general, sau al turbinelor cu abur, în particular.

Imperfecțiunile cu privire la calculul gazodinamic se referă în special la cunoașterea coeficienților de pierderi în elementele ventilului și de recuperare în difuzor, pentru ca, pe cale teoretică, să poată fi stabilite caracteristicile de debit ale ventilelor. Un fenomen care, datorită complexității sale, este foarte dificil de reprezentat prin calcule îl constituie desprinderea fluidului de pe pereții canalului de curgere inclusiv de pe profilul obturatorului, în special la deschideri parțiale ale ventilului, cu crearea de turbioane, imprimarea unui caracter nestaționar curgerii și apariția în consecință a unor pierderi mari de presiune și vibrații ale ventilului, care uneori sînt foarte puternice și pot duce la ruperea acestuia.

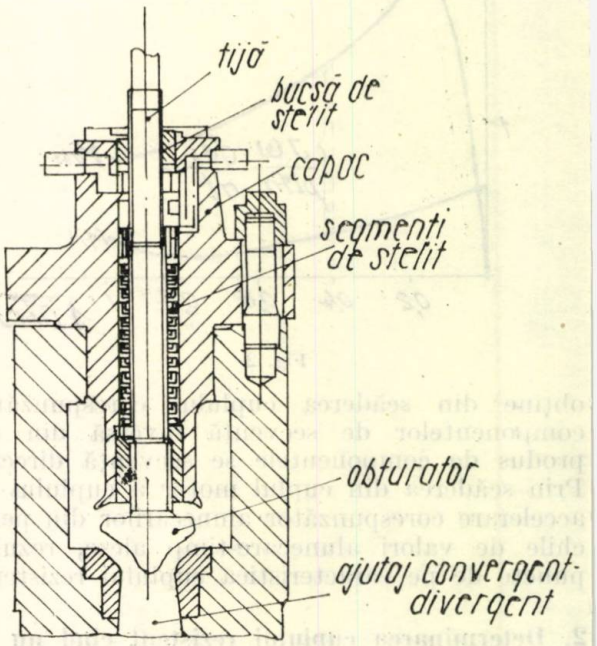


Fig. 1. Ventil de reglare monoscaun cu difuzor.

În ansamblul pierderilor care se reflectă în randamentul intern al turbinelor cu abur, o pondere destul de importantă o au pierderile de presiune în ventilele de reglare, care pot avea valori de pînă la 6% din presiunea inițială, iar în unele cazuri această imperfecțiune poate duce la pierderi de pînă la 12% din presiunea inițială [2]. Aceste pierderi au influență negativă asupra randamentului turbinei, mai ales la turbinele cu parametri scăzuți ai aburului la intrare, cum este cazul turbinelor destinate centralelor nuclearo-electrice, la care întreaga cădere termică disponibilă este relativ redusă.

Important pentru funcționarea sistemului de reglare al unei turbine este și buna etanșare a obturatoarelor ventilelor pe scaunul lor cînd

* Ing. Mircea Cârdu este director al Institutului de cercetare științifică și inginerie tehnologică pentru echipamente energetice — București.

cestea sînt închise, lucru care influențează în pecial asupra capacității turbinei de a rămîne în uncțiune, pentru asigurarea cu energie a servi- iilor proprii, fără declanșarea, datorită supratu- ării, a ventilelor cu închidere rapidă, la aruncа- ea bruscă din sarcină a generatorului electric. În stfel de situații, imediat după aruncarea din arcină, este necesară închiderea bruscă și cît nai etanșă a ventilelor de reglare, pentru evi- area supraturării, după care deschiderea aces- ora va corespunde puterii minime necesare sigurării serviciilor proprii. Această etanșare e asigură atît printr-o bună geometrie și pre- izie de montaj a obturatorului și scaunului ău, cît și prin asigurarea unor suprafețe de duri- ate corespunzătoare în zona curgerii cu viteze nari pentru evitarea eroziunilor. O serie de nperfecțiuni s-a constatat și cu privire la tanșarea obturatorului în raport cu exteriorul, n zona trecerii tijei acestuia prin carcasă. Pier- erile de abur care pot apărea pe această cale ntră în categoria pierderilor externe ale urbinei.

Și în problema determinării forțelor nece- are pentru acționarea ventilelor de reglare xistă multe elemente care pot fi îmbunătățite, ncepînd cu reducerea acestor forțe, în special a deschidere, și terminînd cu uniformizarea or în raport cu cursa obturatorului.

Aproape toate marile întreprinderi construc- oare de turbine cu abur, precum și institutele le învățămînt superior și institutele de cerce- ări care colaborează cu aceste întreprinderi xecută lucrări de cercetare în domeniul ven- ilelor de reglare a admisiei la turbinele cu abur. Cele mai importante rezultate ale unor aseme- nea corelări din perioada pînă în 1975 sînt prezentate în [14].

În continuare se vor prezenta preocupările mai recente în acest domeniu ale unora din cele mai importante întreprinderi constructoare de urbine cu abur din Europa de Vest și U. R.S.S., precum și unele realizări din țara noastră.

În Franța, întreprinderea constructoare de urbine cu abur Rateau are brevetat [11] un ventil de reglare monoscaun cu difuzor, cu obtu- ator de descărcare de tipul celui reprezentat n figura 2, la care la deschiderea completă înt închise orificiile prin care se introduce abur n spațiul de sub obturatorul principal odată u deschiderea obturatorului de descărcare. n acest fel, la deschiderea completă a ventilu- ui, curentul principal de abur nu mai este per- urbat de aburul folosit pentru descărcarea estuia la deschidere. Totodată, la deschide- ea completă a obturatorului principal, se asi- ură o etanșare foarte bună a obturatorului de descărcare pe scaunul său superior, ca urmare punerii în contact a spațiului de deasupra sa prin canalul central din tijă) cu o zonă de pre- iune joasă din turbină.

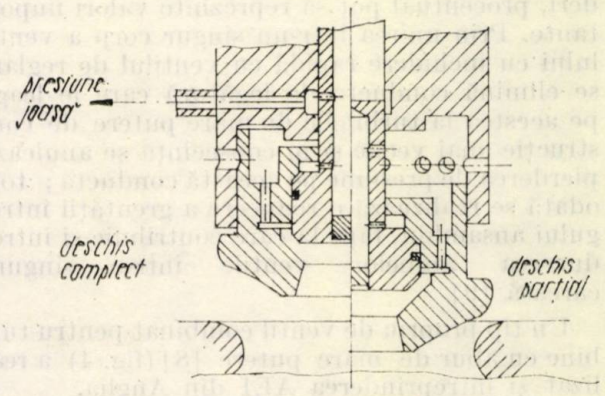


Fig. 2. Ventil monoscaun cu ventil de descărcare.

Tot la întreprinderea Rateau a fost pus la punct un ventil de reglare asemănător cu cel descris mai sus, dar la care etanșarea supapei de descărcare pe scaunul superior se face cu ajutorul unui resort [12].

La o altă construcție de ventil de reglare monoscaun cu difuzor [13], rolul ventilului de descărcare este preluat de un sistem care pune în comunicare (prin intermediul unui sertar de comandă) spațiul de deasupra obturatorului cu o zonă de presiune joasă din turbină (fig. 3).

O altă întreprindere cunoscută în domeniul construcției de turbine cu abur — Brown Boveri

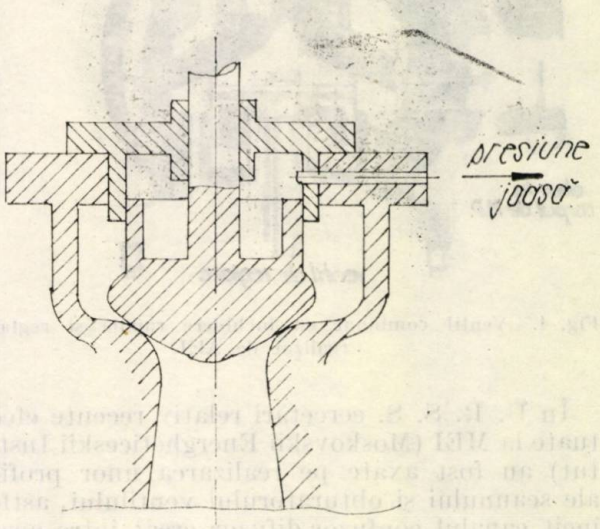


Fig. 3. Ventil monoscaun cu descărcare comandată prin sertar.

din Elveția — și-a concentrat atenția asupra realizării unor ventile combinate (cu închidere rapidă și reglare) pentru debite mari de abur, cu utilizare în special în construcția de turbine cu abur destinate centralelor nuclearo-electrice, pentru care se acordă o atenție deosebită reducerii pierderilor de presiune pînă la admisia în prima treaptă a turbinei, deoarece dat fiind parametrii scăzuți ai aburului în aceste cazuri, chiar valori absolute relativ mici ale acestor pier-

deri, procentual pot să reprezinte valori importante. Prin unirea într-un singur corp a ventilului cu închidere rapidă cu ventilul de reglare se elimină conducta de legătură care le leagă pe acestea la turbinele de mare putere de construcţie mai veche şi în consecinţă se anulează pierderea de presiune pe această conductă ; totodată se realizează o reducere a greutăţii întregului ansamblu, fapt la care contribuie şi introducerea ambelor ventile într-o singură carcasă [9].

Un tip propriu de ventil combinat pentru turbine cu abur de mare putere [8] (fig. 4) a realizat şi întreprinderea AEI din Anglia.

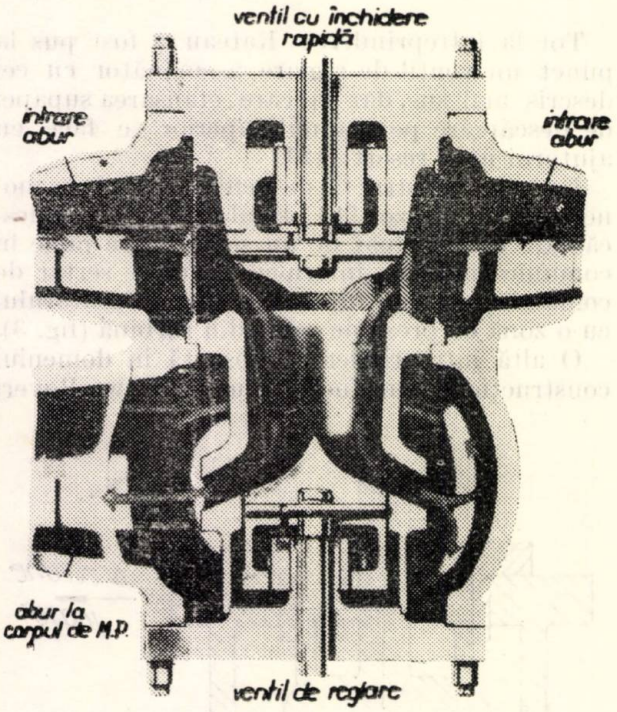


Fig. 4. Ventil combinat cu închidere rapidă şi reglar realizat de AEI.

În U. R. S. S. cercetări relativ recente efectuate la MEI (Moskovskii Energheticeskii Institut) au fost axate pe realizarea unor profile ale scaunului şi obturatorului ventilului, astfel încît canalul confuzor-difuzor creat între acestea la deschiderea obturatorului să aibă o variaţie cît mai lină a ariei secţiunilor de trecere a aburului. Aceste profile au fost determinate pe cale matematică, pornindu-se de la condiţia ca, la deschiderea obturatorului, mijlocul generatoarei trunchiului de con, a cărui suprafaţă laterală formează secţiunea minimă de trecere a aburului, să se găsească pentru orice poziţie a obturatorului pe dreapta (Δ) — paralelă cu axa ventilului — ce trece prin punctul K de contact al obturatorului cu scaunul la poziţie „închis" (fig. 5) [10].

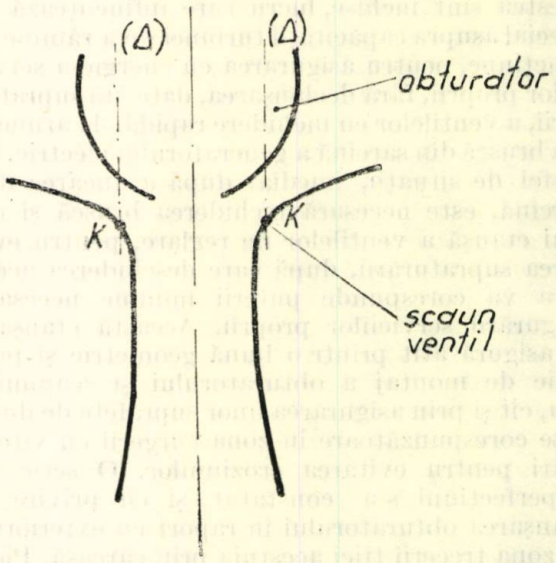


Fig. 5. Ventil cu variaţie lină a ariei secţiunilor de trecer

La institutul ŢKTI au fost efectuate cerc tări teoretice cu privire la stabilitatea funcţi nării ansamblului format din ventil şi serv motor, pentru cazul cînd acţionarea ventilel se face individual. Din rezultatele acest cercetări publicate în [6], se desprind urm toarele concluzii :

— masa ventilului şi pistonului servomot rului nu influenţează stabilitatea poziţiei ace tora şi deci fenomenul de vibraţie a ansamblu respectiv ;

— prezenţa bulelor de aer în volumul c ulei din servomotor favorizează apariţia vibr ţiilor ansamblului ;

— introducerea unei frecări vîscoase int tija obturatorului şi ghidajul său influenţea în mod pozitiv asupra stabilităţii ansamblul ventil-servomotor.

Legat de fabricaţia de turbine cu abur, Institutul Politehnic Timişoara (IPT), au fo efectuate o serie de cercetări privind ventile de reglare monoscaun cu difuzor. Rezultate acestor cercetări, publicate în [1] [2] [3 au adus o contribuţie deosebită la dezvoltar şi perfecţionarea calculului şi construcţiei ve tilelor de reglare ale turbinelor cu abur ţara noastră.

O altă cercetare efectuată la IPT a fo legată de problema elaborării unui siste teoretic pe baza căruia să se poată îmbunătă caracteristicile funcţionale ale ventile monoscaun cu difuzor pentru poziţia compl deschis, care este frecvent întîlnită la major tatea ventilelor în timpul funcţionării în sarci a turbinelor cu abur [7]. La baza lucrării s ideea că la curgerile fluidelor pierderile minim apar în cazul cînd aceste curgeri sînt pote ţiale. Pornindu-se de la această premisă aplicînd metoda singularităţilor se stabile

următoarele elemente de bază, pe care este construită întreaga teorie dezvoltată în lucrare :

a) Suprapunînd cîmpurile potențiale ale mai multor surse circulare peste cîmpul uniform al curgerii unui fluid se obține un cîmp rezultant, care este potențial și deci implică pierderi minime. Alegînd în mod convenabil numărul, intensitatea și poziția surselor circulare, tabloul obținut poate să reprezinte curgerea printr-un ajutaj circular convergent-divergent.

b) Suprapunînd cîmpurile potențiale ale unor surse punctiforme și liniforme drepte, precum și, eventual, al unei surse circulare peste cîmpul uniform al curgerii unui fluid se obține un cîmp rezultant, care în anumite condiții privind numărul,intensitatea și poziția surselor, poate să reprezinte curgerea în jurul unui corp de forma obturatorului împreună cu tija.

c) Prin suprapunerea cîmpurilor rezultante din cazurile a și b se obține un nou cîmp rezultant, care, în anumite cazuri, reprezintă curgerea potențială printr-un ventil cu difuzor de forma celor utilizate pentru reglarea debitului la turbinele cu aur.

Principalele rezultate obținute ca urmare a acestor cercetări, cu aplicare la ventilele de reglare monoscaun cu difuzor, sînt următoarele :

— elaborarea unei metode de calcul pentru ventilele monoscaun cu difuzor (în poziția complet deschis) bazată pe utilizarea metodei singularităților ;

— crearea posibilităților de obținere a unor ventile monoscaun cu difuzor de formă aerodinamică și de îmbunătățire a formelor ventilelor existente pentru reducerea pierderilor ;

— punerea în evidență a diferenței de poziție între planul în care apare presiunea minimă pe suprafața canalului și planul secțiunii minime a canalului. Presiunea minimă apare în amonte de secțiunea minimă, deoarece apare o redistribuire a vitezei în secțiunile transversale ale canalului în raport cu cea rezultată pe baza teoriei unidimensionale a curgerii.

Toate aceste rezultate au fost obținute pe cale teoretică și confirmate prin încercările experimentale efectuate.

La Institutul de cercetare științifică și ingerie tehnologică pentru echipamente energetice (ICSITEE) au fost elaborate, pe baza cercetărilor proprii, proiectele pentru ventilele combinate cu închidere rapidă și reglare pentru turbinele cu abur de 25 MW tip SL 25 (destinate recuperării aburului cu parametri scăzuți în industria siderurgică) și, de asemenea, cele destinate instalațiilor de ocolire (by-pass) de joasă presiune ale turbinelor cu abur de 330 MW tip FIC 330, care se fabrică la Întreprinderea de mașini grele București (IMGB).

Din cele de mai sus rezultă că problematica cercetărilor privind ventilele de reglare a admisiei la turbinele cu abur este vastă ; au fost rezolvate o serie de probleme importante în domeniul calculului și construcției lor și pentru viitor se desprind următoarele direcții principale, în care cercetările în domeniul respectiv își găsesc în continuare un cîmp larg de desfășurare și pot aduce în permanență noi elemente de ameliorare în construcția și funcționarea acestora :

— Gazodinamica curgerii prin ventile, care poate fi considerat un sistem cu subsistemele :
  — determinarea caracteristicilor de debit ;
  — reducerea pierderilor de presiune ;
  — funcționarea stabilă (fără vibrații) ;
  — reducerea forțelor de acționare.
— Etanșarea ventilelor, cu subsistemele :
  — etanșarea obturatorului ventilului în raport cu scaunul său ;
  — reducerea pierderilor de abur pe lîngă tijă, spre exterior ;
  — evitarea eroziunii în zona de contact a obturatorului ventilului cu scaunul său și reducerea uzurii la contactul dintre tijă și ghidajul acesteia.

Bibliografie

[1] Boboescu, N. *Determinarea caracteristicilor de lucru ale unor ventile monoscaun cu difuzor pentru turbine cu abur.* În: Energetica, 11, nr. 1963.

[2] Boboescu, N., Creţu, G., Bozan, Gh., Negrea, V. *Studii şi încercări asupra repartiţiei presiunilor în ventilele de reglare la ventilele cu abur.* În: Energetica, nr. 12, 1965.

[3] Boboescu, N., Bozan, Gh., Negrea, V. *Determinarea caracteristicii de forţă a ventilelor de reglare monoscaun cu difuzor de la turbinele cu abur.* În: Construcţia de maşini, nr. 1, 1966.

[4] Cârdu, M. *Turbină cu abur de 330 MW — realizare a industriei constructoare de maşini grele.* În: Construcţia de maşini, nr. 1, 1974.

[5] Cârdu, M. *Turbina cu abur de 150 MW pentru termoficare urbană.* În: Construcţia de maşini, nr. 3, 1978.

[6] Cernihovski, I. N. *Ustoicivosti polojenia reguliruiuşcih klapanov parovih turbin.* În: Energomaşinostroenie, nr. 7, 1978.

[7] Creţa, G. *Contribuţii la studiul ventilelor monoscaun cu difuzor ale turbinelor cu abur.* Teză de doctorat, Institutul politehnic Timişoara, 1970.

[8] Frankel, A., Harris, F. R. *The developpement of AEI 660 turbine design.* AEI Turbine — Generators Limited, Trafford Park — Manchester.

[9] Hossli, W., *La turbine de 1160 MW pour la centrale nucléaire „Donald C. Cook" de l'AEP.* În: Revue Brown Boveri, nr. 1, 1972.

[10] Sereghin, V. A., Zareankin, A. E., Golovina, L. G. *Proektirovanie klapanov maximalinovo rashoda.* În: Teploenerghetika, nr. 12, 1981.

[11] * * * *Perfectionnement aux soupapes ou clapet utilisés, notamment, au règlaje d'admission des turbines à vapeur.* Brevet Franţa nr. 1 341 638.

[12] * * * *Soupape perfectionnée du type equilibré.* Brevet Franţa nr. 1341639

[13] * * * *Perfectionnement aux dispositifs á clapet servant au reglaje d'un debit fluid.* Brevet Franţa nr. 1347778

[14] * * * Energetica Supliment, nr. 3, 1978.

(Primit la 18 octombrie 1983, acceptat la 7 mai 1984)

Implementarea sistemului de reglare automată a excitației (SRAE), aferent generatoarelor din centrala Porțile de Fier 1, în programul de calcul pentru analiza regimurilor dinamice ale sistemelo electroenergetice (SEE) complexe

II. Etape de calcul. Considerarea nelinearităților. Probleme de calcu numeric

Ing. Ștefan Kilyeni*

1. Probleme de interfață generator-sistem

Analiza regimului tranzitoriu al SEE se efectuează în cadrul programului COKSSTAB [1], utilizînd toate mărimile în unități relative sistem (u.r.s.).În consecință, pe parcursul evoluției în timp a regimului, ca urmare a determinării circulației de puteri, la momente discrete de timp, mărimile din nodurile sistemului, inclusiv cele de la bornele generatoarelor și toate mărimile de intrare ale SRAE, rezultă în u.r.s. Intervalul de timp între două determinări consecutive ale circulației de puteri ($\Delta t = 0{,}005 - 0{,}05$ s) s-a denumit „pas mare de integrare", spre deosebire de noțiunea de „pas mic de integrare", care se referă la tehnica de soluționare numerică a sistemelor de ecuații diferențiale.

Deoarece la SRAE identificat toate mărimile sînt date în valori absolute (preferîndu-se această formă și din motivul interpretării mai ușoare a rezultatelor), este necesar ca la regimul inițial și la toate regimurile intermediare, rezultate la pașii mari de integrare, să se efectueze transformarea mărimilor din u.r.s. în unități absolute (u.a.) pe baza relației generale:

$$M^{\text{u.a.}} = M^{\text{u.r.s.}} \cdot M^{\text{u.a.}}_{\text{bază}}.$$

Practic, mărimea de bază este cuprinsă în mod explicit în partea din coeficienții ecuațiilor diferențiale care nu se modifică în timpul procesului de calcul, calculîndu-se o singură dată, la început, odată cu formarea bazei de date.

2. Etapele de analiză a regimului tranzitoriu la SRAE de la CHE PdF1

La analiza regimului tranzitoriu al SRAE, inclus în modelul generatorului și al ansamblului sistemului electroenergetic [1] se parcurg cîteva etape distincte, din care se scot în evident aspectele esențiale legate în principal de SRAE încadrat în modelul generatorului.

2.1. Inițializarea datelor aferente SRAE

Înainte de începerea calculului propriu-z al regimului tranzitoriu, se precizează urmă toarele valori ale parametrilor blocurilor lin are și nelineare din schema SRAE ([2], fig. I.1)

a) Situația canalelor în funcțiune și poziții cheilor de dozaj aferente (tabelul 1), în conco danță cu scopul urmărit în analiza regimulu

b) Datele aferente releului de frecvență

$$U^{\text{kV}}_{max_1} = 1{,}25\ U^{\text{kV}}_n;\ U^{\text{kV}}_{max_2} = 1{,}15\ U^{\text{kV}}_n;\ U^{\text{kV}}_{max_3} = 1{,}12\ U^{\text{kV}}_n$$

$$\left(\frac{dU_{\Delta f}}{dt_{max}}\right) = 0{,}0666\ \text{V/s};\ \left(\frac{d\beta}{dt_{max}}\right) = 1{,}5\ \text{Hz};$$

$$\omega_{max} = 1{,}03\ \text{u.r.s.}$$

c) Datele aferente blocului de comandă execuție, referitoare la limitările pe partea excitație:

$$U_{E2\,max_1} = 345\ \text{V};\ U_{E2\,max_2} = 605\ \text{V};\ U_{E2\,min} = -835\ \text{V};\ I_{E\,max} = 3400\ \text{A}.$$

d) Datele privind canalul LEM:

$$Q_{min} = -80\ \text{MVAr}.$$

e) De asemenea, se mai precizează: număr n, de grupuri identice în funcțiune, racorda la un anumit nod (din punctul de vedere SRAE, grupurile identice se echivalează cazul unei încărcări identice și al unor pozi similare ale cheilor de dozaj cu un grup ech valent; în caz contrar, programul de calc consideră grupurile separat), precum și valori constantelor de timp aferente modificării faz

* Șef lucr. ing. Kilyeni Ștefan este cadru didactic la Institutul Politehnic „Traian Vuia" din Timișoara.

Tabelul 1

Mărimile aferente canalelor SRAE a căror valoare se precizează în etapa de inițializare a datelor

enumirea canalului	Simbolul mărimilor aferente canalului respectiv	Coeficient a cărui valoare indică conectarea sau neconectarea canalului respectiv în schema SRAE	Valoarea coeficientului în funcție de starea canalului în schema SRAE		Cheile de dozaj pe canalul respectiv	
			Conectat	Neconectat	Simbolul cheii de dozaj	Valori posibile ale cheii de dozaj
batere de tensiune	U	—	—	—	$K_{\Delta U}$	1, 2, 3*
erivata tensiunii	U'	K_U'	1	0	n_U'	1–10
tatism	Q	K_Q	1	0	K_S	1–13
batere de ecvență	Δf	$K_{\Delta f}$	1	0	$n_{\Delta f}$	1–10
erivata abaterii frecvență	f'	$K_{\Delta f}'$	1	0	$n_{\Delta f}'$	1–10
erivata curentului toric	I_{rot}	K_{Irot}	1	0	n_{Irot}	1–10
eacție rigidă	RIR	K_{RIR}	1	0	n_{RIR}	1–10
eacție elastică	RIE	K_{RIE}	1	0	n_{RIE}	1–10
rțare prin relee	R	K_R	1	0	—	—
mitare excitație inimă	LEM	K_{LEM}	1	0	—	—
ocul de comandă execuție	—	—	—	—	n_{RA}	1–10

* Valori în mA/V: 0,04075; 0,62325; 0,01.

nsiunii și a componentei curentului statoric ıpă axa d, între două determinări ale circuției de puteri: T_β, T_{Id}.

1) Valoarea inițială a coeficientului de funcțioare a canalului forțare prin relee: $K_{FR} = 0$ eleu deschis).

2. Determinarea valorii variabilelor aferente RAE și verificarea nelinearităților pentru RSI, terior perturbației

Determinarea valorii inițiale a variabilelor erente modelului SRAE și a mărimilor de terfață se efectuează pe baza rezultatelor rculației de puteri la regimul staționar inițial SI), anterior primului pas al scenariului perturbație. Mărimile de interfață se referă cele n grupuri racordate la nodul considerat.

La RSI se determină următoarele mărimi:

a) Mărimile de interfață SRAE-generator:

$$\text{ad}_{)} = \beta^{\text{rad}}_{f(0)}\,;\quad U^{\text{kV}}_{(0)} = U^{\text{u.r.s.}}_{(0)} \cdot U^{\text{kV}}_{b}\,;$$

$$\text{VAr}_{)} = \frac{Q^{\text{urs}}_{(0)}}{n} \cdot S^{\text{MVA}}_{b}\,;\quad (I \sin\varphi)^{\text{kA}}_{(0)} = \frac{Q^{\text{MVAr}}_{)0)}}{\sqrt{3}\, U^{\text{kV}}_{)0)}}\,; \quad (1)$$

$$\text{A}_{(0)} = 0{,}32939 (I \sin\varphi)^{\text{kA}}_{(0)}\,;\quad I^{\text{u.r.s.}}_{d(0)} = I^{\text{u.r.s.}}_{df(0)}\,;$$

$$\text{V}_{\text{E}(0)} = \frac{375}{u^{\text{u.r.s.}}_{En}} \cdot u^{\text{u.r.s.}}_{\text{E}(0)}.$$

Valoarea tensiunii nominale de excitație, în u.r.s., se determină din regimul de sarcină nominală a generatorului. Tensiunile de excitație în u.r.s. se determină din relațiile corespunzătoare modelului generatorului [1].

b) Tensiunea de acționare a forțării prin relee:

$$U^{\text{kV}}_{min} = 0{,}85 \cdot U^{\text{kV}}_{(0)}.$$

c) Valorile inițiale ale variabilelor legate de modelul SRAE și ale derivatelor acestora, determinate cu relațiile: *1', 2', 3', 7', 8', 9'. 15',16' 18', 19', 20', 21', 23', 25', 26', 27', 28'', 30', 32', 33'*, din partea I a lucrării [3].

d) Starea blocurilor nelineare; verificarea stării blocurilor nelineare la RSI este absolut obligatorie, pentru următoarele motive:

— introducerea corectă a valorilor inițiale ale variabilelor, condiționate de starea blocurilor nelineare;

— adoptarea unor decizii privind RSI, referitoare, în principal, la încărcarea inițială a generatoarelor, în cazul în care se constată existența unor stări anormale la anumite blocuri nelineare;

— depistarea unor eventuale erori de modelare, încă din faza de testare a programelor de

calcul (funcționarea unor blocuri nelineare la încărcări normale ale generatoarelor etc.).

Modul de verificare a respectării limitărilor și a stării blocurilor nelineare sau cu acțiune discontinuă, este prezentat, în principal, sub forma unor scheme logice.

În toate situațiile, depășirea unor limitări sau acționarea unor blocuri nelineare cu acțiune discontinuă va determina editarea unor mesaje de averizare la imprimantă sau la consolă, în clar sau codificat. Variabila notată cu C decide modul de tratare a limitărilor la regimul inițial, astfel:

— pentru $C \neq 0$ — se acceptă modificarea limitărilor de la valorile fixate inițial, la valorile rezultate la RSI (în cazul încălcării celor inițiale);

— pentru $C \neq 0$ — nu se acceptă modificarea limitelor (în cazul încălcării lor la RSI), fiind necesară întreruperea programului, reanalizarea încărcării generatoarelor, efectuarea unor corecturi și reluarea calculelor.

În figura 1 este prezentat modul de verificare a limitărilor referitoare la curentul și tensiunea de excitație, introduse, în principal, în blocul de comandă și execuție.

În figura 2 este prezentată schema logică a verificării stării canalului LEM, iar în figura 3 a releului de frecvență.

Verificarea limitărilor pe partea de excitație (fig. 1), inițializează și valoarea mărimii u_{E1} ($u_{E1(0)}$), pe canalul limitare excitație minimă (fig. 2), a mărimii i_{LEM}($i_{LEM(0)}$) pentru releul de frecvență (fig. 3), a coeficientului stării releului de frecvență, K_{RF}.

Mesajul 6 atenționează asupra unui regim dificil din punctul de vedere al încărcării cu putere reactivă, iar mesajul 7 asupra unei tensiuni exagerat de mari la borne, în RSI

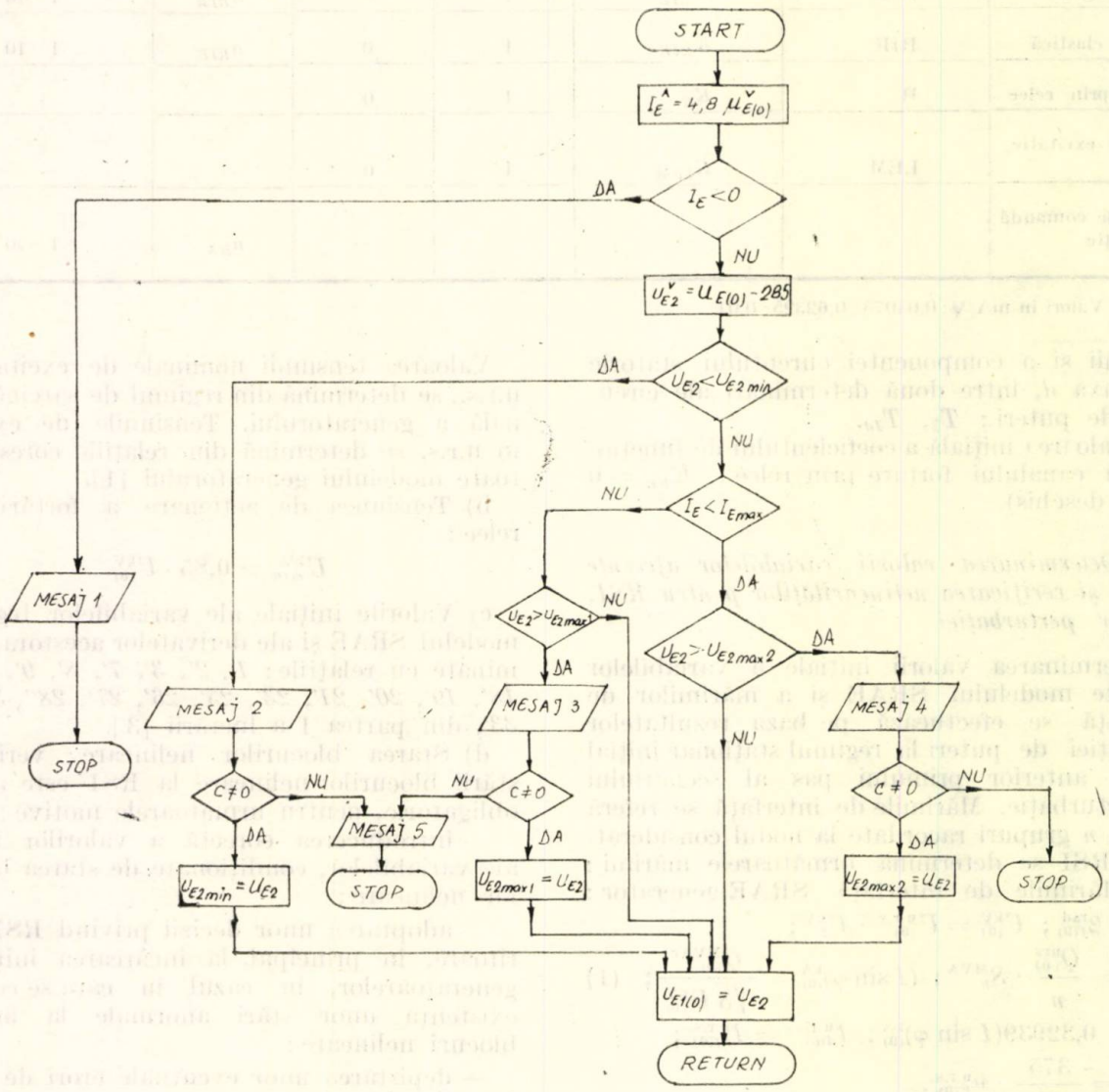
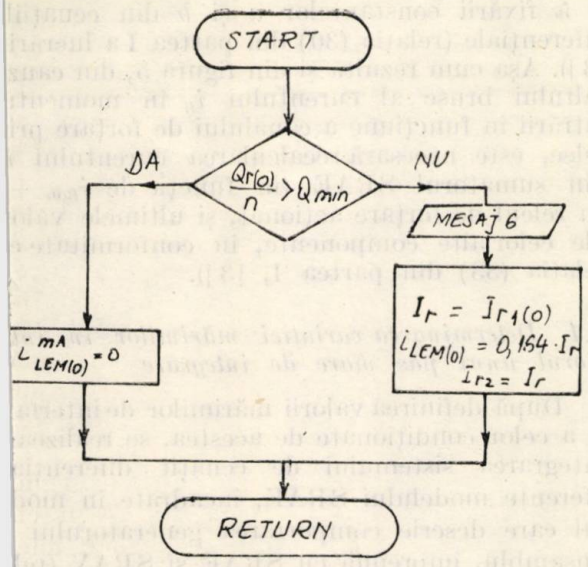
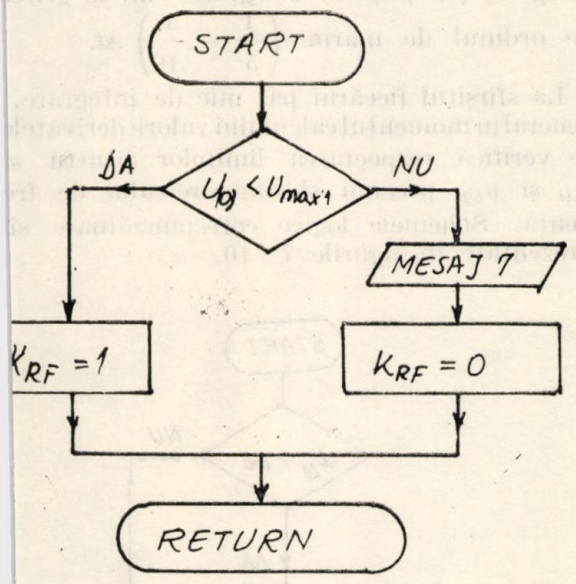


Fig. 1. Verificarea limitării pe partea de excitație la regimul staționar inițial (RSI)



g. 2. Verificarea canalului limitare excitație minimă la regimul staționar inițial.



3. Verificarea stării releului de frecvență la regimul staționar inițial.

) Tensiunea de consemn :

$$U_c^{V} = \frac{u_{E(0)}^{V} - 285)(1 + 0{,}826284\ K_{RIE} n_{RIR})}{11812{,}5\ K_{\Delta U}} + 2\delta U_{(0)} - 3\frac{K_{LEM}}{K_{\Delta u}} i_{LEM(0)} \cdot \quad (3)$$

n figura 4 este prezentată schema logică a ificării încadrării valorii tensiunii de con- n a SRAE, în limitele admise.

) Valoarea inițială a curentului din sumator ația 33′, partea I, [3]) :

$$i_{\Sigma(0)}^{mA} = -2 \cdot K_{\Delta U}(2 \cdot \delta U_{(0)}^{V} - U_c^{V}) - K_{RIR} \cdot i_{RIR(0)}^{mA} + 6\ K_{LEM} \cdot i_{LEM(0)}^{mA}. \quad (4)$$

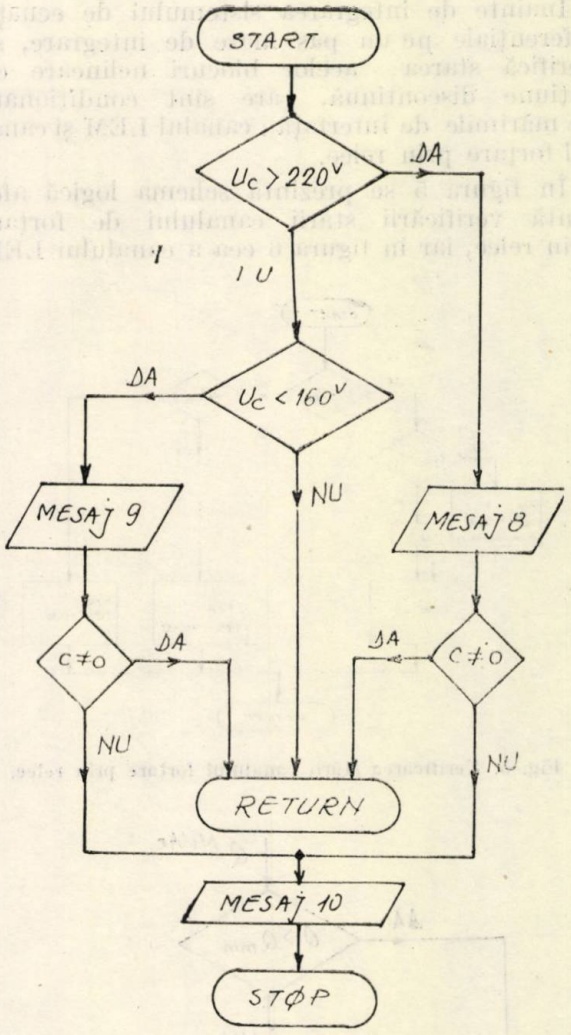


Fig. 4. Verificarea încadrării tensiunii de consemn în limitele admise.

2.3. Determinarea valorii mărimilor de interfață și verificarea neliniarităților la pașii mari de integrare

La fiecare determinare a circulației de puteri la intervale de timp Δt corespunzătoare pașilor mari de integrare, rezultă mărimile de interfață la bornele generatorului, pe baza cărora se determină o parte din mărimile de intrare ale SRAE :

$$U^{kV} = U^{u.r.s.} \cdot U_b^{kV};\ Q^{MVAr} = \frac{Q^{u.r.s.} S_n^{MVA}}{n};$$

$$(I \sin\varphi)^{kAr} = \frac{Q^{MVAr}}{\sqrt{3}\, U^{kV}};\ I_{r_1}^{kAr} = 0{,}32539 |I \sin\varphi|^{kAr}; \quad (5)$$

$$\beta_f^{rad} = \beta_U^{rad};\ I_{df}^{u.r.s} = I_d^{u.r.s.};\ \delta U^{V} = 6{,}3492 \cdot U^{kV} - K_Q \cdot K_S \cdot 0{,}32939\ (I \sin\varphi)^{kAr}.$$

Mărimile de interfață se presupun constante pentru un pas mare de integrare.

Înainte de integrarea sistemului de ecuații diferențiale pe un pas mare de integrare, se verifică starea acelor blocuri nelineare cu acțiune discontinuă, care sînt condiționate de mărimile de interfață : canalul LEM și canalul forțare prin relee.

În figura 5 se prezintă schema logică aferentă verificării stării canalului de forțare prin relee, iar în figura 6 cea a canalului LEM

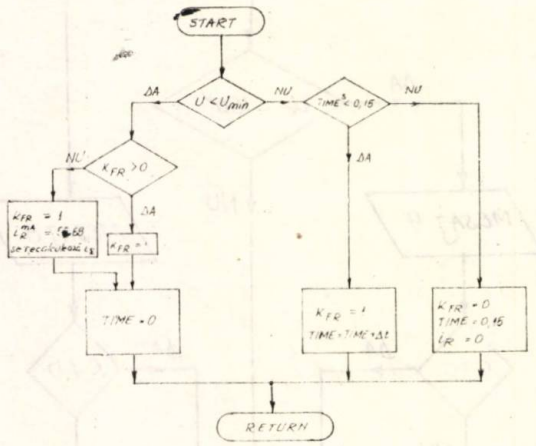


Fig. 5. Verificarea stării canalului forțare prin relee.

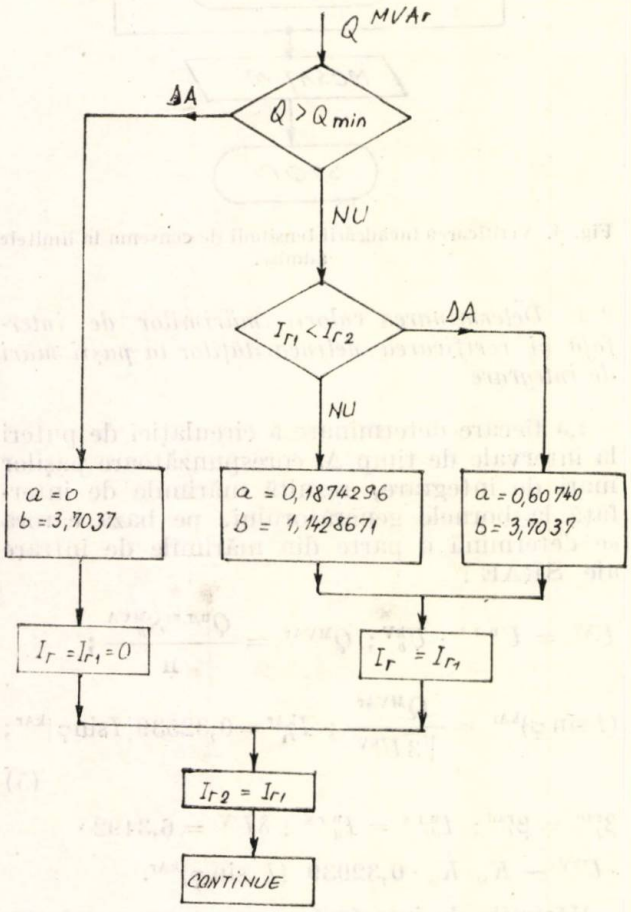


Fig. 6. Verificarea stării canalului limitare excitație minimă.

și a fixării constantelor a și b din ecuațiil diferențiale (relația (30) din partea I a lucrări [3]). Așa cum rezultă și din figura 5, din cauz saltului brusc al curentului i_R în momentu intrării în funcțiune a canalului de forțare pri relee, este necesară recalcularea curentului din sumatorul SRAE (în funcție de $i_{R(0)}$ + cu releul de forțare acționat, și ultimele valo ale celorlalte componente, în conformitate c relația (33) din partea I, [3]).

2.4. Determinarea variației mărimilor în int riorul unui pas mare de integrare

După definirea valorii mărimilor de interfa și a celor condiționate de acestea, se realizea integrarea sistemului de ecuații diferenția aferente modelului SRAE, încadrate în mod lul care descrie comportarea generatorului ansamblu, împreună cu SRAE și SRAV (rel ția 35, partea I, [3]). În funcție de me'o numerică de soluționare aleasă, pașii mici integrare (subpașii de integrare) sînt în gener de ordinul de mărime $\left(\frac{1}{5} - \frac{1}{10}\right) \Delta t$.

La sfîrșitul fiecărui pas mic de integrare, general în momentul calculului valorii derivatel se verifică respectarea limitelor pentru u u_{AF} și u_{E2}, precum și starea releului de fr vență. Schemele logice corespunzătoare sî prezentate în figurile 7—10.

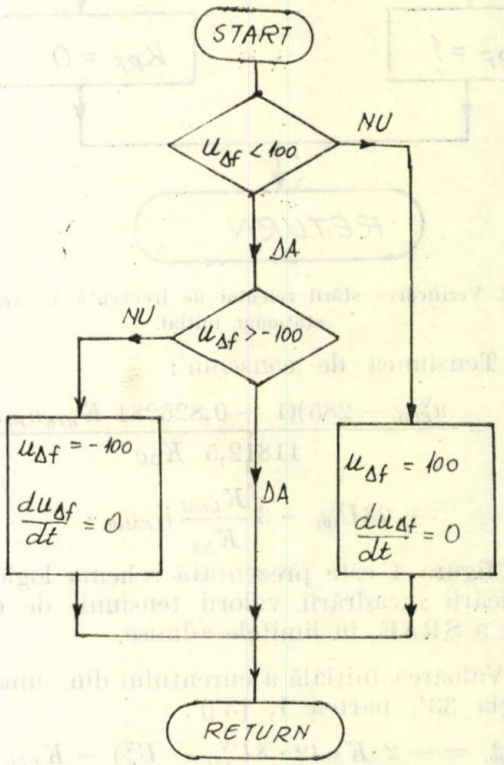


Fig. 7. Verificarea limitării lui $u_{\Delta f}$ la subpașii de integ

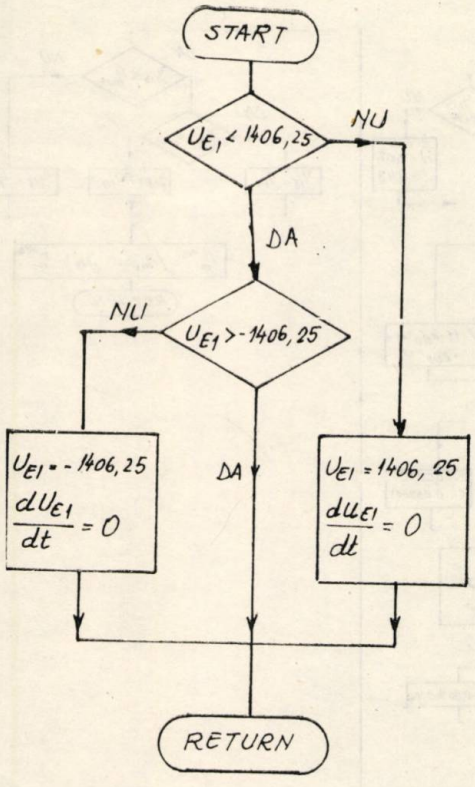


Fig. 8. Verificarea limitării lui u_{AF} la subpașii de integrare.

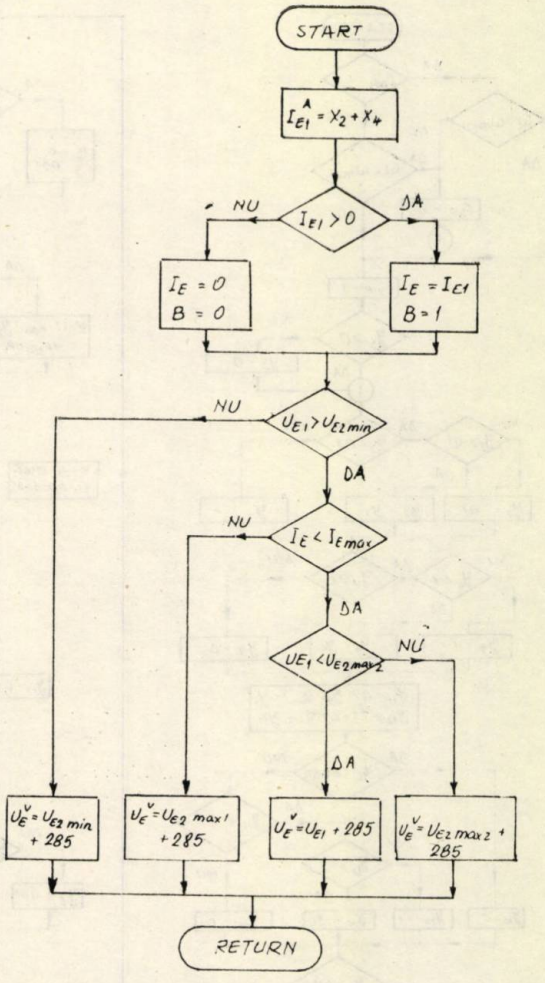


Fig. 9. Verificarea limitării excitației la subpașii de integrare.

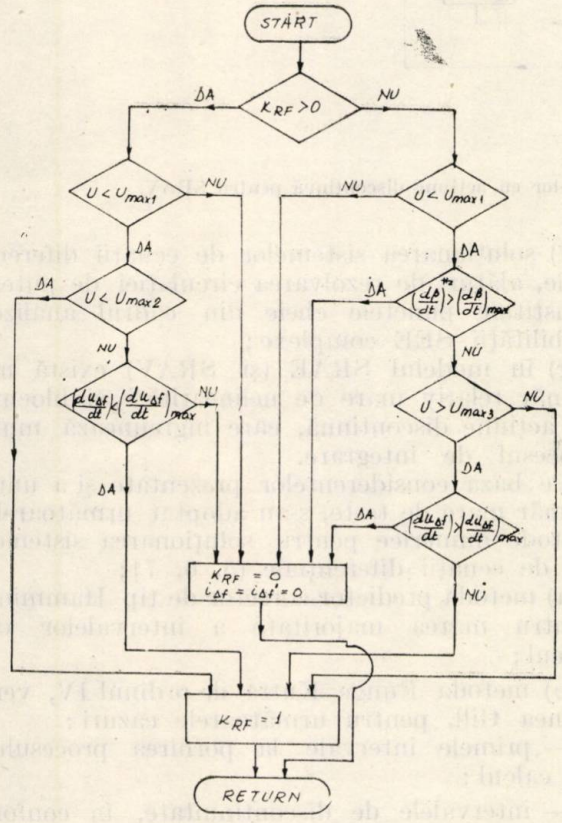


Fig. 10. Verificarea stării releului de frecvență la subpașii de integrare.

Se menționează că pentru mărimile cu limitarea condiționată interior ($u_{\Delta I}$, u_{AF}), care au încălcat una dintre restricțiile impuse, valoarea se menține constantă (egală cu limita) și derivata nulă, pînă la modificarea semnului derivatei.

În figura 8, limitele lui U_{AF} s-au verificat asupra lui u_{E1}, mărime care apare în ecuațiile diferențiale și care este legată de U_{AF} printr-o relație lineară ($u_{E1} = 56{,}25\ u_{AF}$; pentru $u_{AF} = 25^{V}$, $U_{E1} = 1406{,}25^{V}$).

În figura 11 se prezintă schema logică a tratării nelinearităților aferente modelului matematic al SRAV, notațiile variabilelor corespunzînd cu cele din relațiile (36—42) din [3], respectiv [4].

3. Probleme de modelare numerică

Modelul matematic care descrie comportarea SRAE în regim dinamic, integrat în ansamblul modelului generatorului sincron la analiza stabilității SEE complexe, prezintă cîteva caracteristici importante pentru alegerea unei

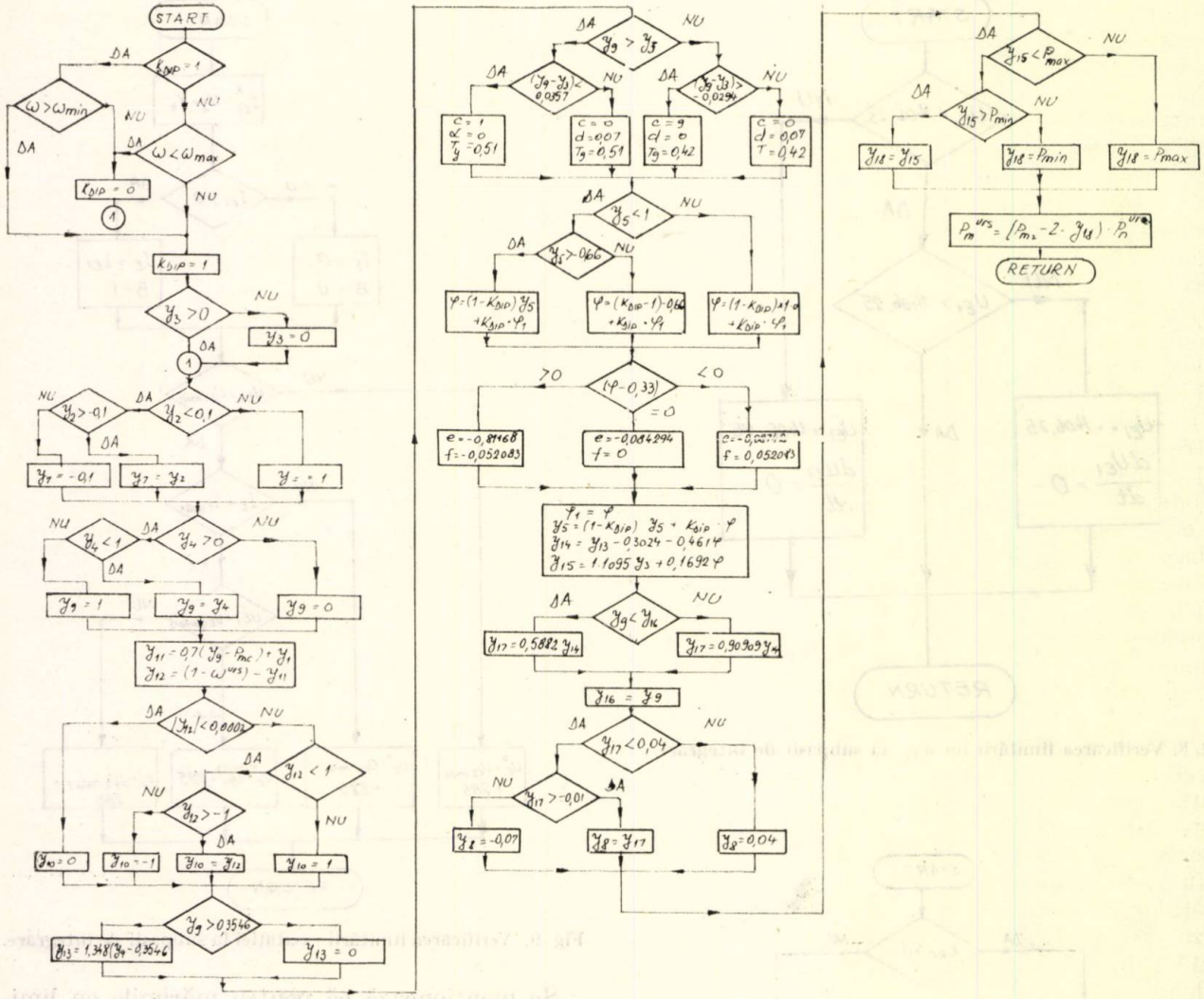


Fig. 11. Schema logică a blocurilor neliniare și a celor cu acțiune discontinuă pentru SRAV.

metode de soluționare numerică corespunzătoare din toate punctele de vedere:

a) sistemul de ecuații diferențiale care descrie comportarea în domeniul linear (rel. 35, partea I) este de dimensiune relativ mare: 28 de ecuații de ordinul I;

b) constantele de timp acoperă o plajă largă de valori, de la ordinul de mărime al sutimilor pînă la ordinul zecilor de secundă;

c) avînd în vedere unitățile în care se introduc diversele mărimi, variabilele și coeficienții ecuațiilor au ordine de mărime foarte diferite;

d) în timpul procesului dinamic, la momente bine determinate, ca urmare a unor elemente din scenariul de perturbație, apar modificări bruște la unele mărimi;

e) în cadrul modelului matematic general al analizei stabilității SEE complexe, sistemele de ecuații diferențiale aferente fiecărui generator în parte (sau consumatorilor rotativi) se integrează separat;

f) soluționarea sistemelor de ecuații diferențiale, alături de rezolvarea circulației de puteri constituie punctele cheie din cadrul analizei stabilității SEE complexe;

g) în modelul SRAE (și SRAV) există un număr relativ mare de nelinearități și blocuri cu acțiune discontinuă, care îngreunează mult procesul de integrare.

Pe baza considerentelor prezentate și a unui număr mare de teste, s-au adoptat următoarele metode numerice pentru soluționarea sistemelor de ecuații diferențiale (5, 6, 7];

a) metoda predictor-corector de tip Hamming pentru marea majoritate a intervalelor de calcul;

b) metoda Runge Kutta de ordinul IV, versiunea Gill, pentru următoarele cazuri:

— primele intervale la pornirea procesului de calcul:

— intervalele de discontinuitate, în conformitate cu scenariul de perturbație al regimului dinamic;

— intervalele în care se modifică pasul de integrare, datorită nesatisfacerii unui test de tip δ [7].

S-a preferat metoda predictor-corector de tip Hamming, din următoarele motive :

a) la aceeași valoare a pasului de integrare, este necesar calculul termenului din dreapta relației (35) într-un număr mai mic de puncte, deoarece se utilizează valorile calculate în punctele anterioare, ceea ce atrage după sine reducerea sensibilă a timpului de calcul;

b) reducerea numărului de puncte în care se parcurg secvențele corespunzătoare nelinearităților și blocurilor cu acțiune discontinuă;

c) o mai bună stabilitate numerică a metodei;

d) estimarea relativ mai simplă a erorilor de trunchiere și o propagare redusă a erorilor;

e) surplusul de memorie internă față de metodele de tip Runge Kutta de ordinul IV nu este semnificativ, dacă aprecierea se face pe baza memoriei necesare pentru tot programul de analiză a stabilității;

f) în cazul organizării corespunzătoare a fișierelor de ieșire pe suporturile externe de memorie, accesul la punctele calculate anterior nu diminuează avantajul reducerii timpului de calcul;

g) varianta Hamming a metodei predictor-corector considerată este neiterativă și pentru relația corector, utilizînd doar două relații relativ simple de ajustare, pentru valoarea prezisă și valoarea finală a variabilei.

Nu s-au adoptat metode de rezolvare a ecuațiilor diferențiale prin algebrizare [8], din cauza particularităților modelelor SRAE și SRAV, precum și a altor elemente legate de modelul sistemului în ansamblu [1], care ar fi condus la un număr relativ mare de iterații suplimentare.

Pe baza modelului matematic prezentat și a metodelor numerice de rezolvare adoptate s-au elaborat secvențele de program corespunzătoare. Cel mai important test pentru corectitudinea modelării și a programului, precum și pentru verificarea valabilității metodei numerice alese l-a constituit rularea ansamblului programului de stabilitate cu perturbație nulă. În această situație, toate variabilele integrabile trebuie să rămînă nemodificate, în limitele „zgomotelor" introduse de toate sursele de erori ale calculului numeric. Acest lucru este important mai ales în cazul calculului în simplă precizie, nefiind posibil calculul în dublă precizie din cauza consumului exagerat de memorie. Rezultatele obținute (zgomot de maximum 0,5 % pentru o durată de analiză de 1 s, cu pași mari de integrare de 0,03 s și pași mici de 0,003 s) au confirmat valabilitatea modelului, din acest punct de vedere, corectitudinea programelor de calcul și robustețea metodelor numerice utilizate.

4. Concluzii

Din schema SRAE a grupurilor din CHE-PdF1, modelul matematic aferent, încadrat în modelul ansamblului grupului generator și etapele de soluționare a acestuia, rezultă că sistemul de reglare este deosebit de complex și ridică probleme dificile de modelare și implementare pe calculator.

Deoarece influența diverselor canale asupra comportării în ansamblu a regulatorului este extrem de puternică, trebuie acordată o atenție sporită modelării cît mai fidele a tuturor fenomenelor ce au loc, efectuîndu-se doar simplificări esențiale din punctul de vedere al proceselor fizice.

Bibliografie

[1] Kilyeni, Șt. *Model matematic și pachet de programe pentru analiza stabilității SEE complexe și optimizarea valorii parametrilor SRAE. Partea I și II.* Conferința Națională de Electrotehnică și Electroenergetică Timișoara, 1982, vol. 13, pp. 51—74.

[2] Cristea, H., Dragomir, T. L., Tătaru, A., Preitl, Șt., Fecioru, I., Mătăsariu, P., Kilyeni, Șt. *Modelarea SRAE aferent grupurilor din centrala Porțile de Fier 1. Partea I: Structura SRAE.* În: Energetica, 31, 1983, nr. 10, p. 444—448.

[3] Kilyeni, Șt. *Implementarea SRAE aferent generatoarelor din Centrala Porțile de Fier 1, în programul de calcul pentru analiza regimurilor dinamice ale sistemelor electroenergetice (SEE) complexe. I. Modelul matematic al SRAE încadrat în modelul generatorului.* În: Energetica, 32, 1984, nr. 7, p. 312—319.

[4] * * *Criterii îmbunătățite privind reglajul tensiunii și puterii reactive în SEE, cu aplicații concrete la îmbunătățirea reglajului de tensiune în nodul Porțile de Fier,* Protocol Contract de cercetare științifică IPTV—ICPdF, nr. 33/1978. Faza a II-a 1979, vol. 2, ICEMENERG—LSE, Colectivul de automatică al Institutului politehnic „Traian Vuia" din Timișoara.

[5] Dorn, N. S., Mc. Cracken, D. D., *Metode numerice cu programe în FORTRAN IV.* Editura tehnică, București, 1976.

[6] Dancea, I. *Programarea calculatoarelor numerice pentru rezolvarea problemelor cu caracter tehnic și de cercetare științifică.* Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1975.

[7] * * * — *IRIS 50 Bibliothèque mathématique. Manuel d'utilisation,* CII, 1972.

[8] Dommel, H. W., Suto, N. *Fast traunent stability studies.* În: IEEE Transactions on PAS, vol. 91, nr. 4, 1972. pp. 1643—1650.

(Primit la 20 decembrie 1982, acceptat la 12 aprilie 1983)

Determinarea stării izolației înfășurărilor statorice ale generatoarelor electrice, prin măsurători profilactice

Ing. D. Zlatanovici, dr. ing. Gh. Bălan, sing. F. Engster*

Introducere

Izolația înfășurării statorice este unul din elementele importante care condiționează siguranța în exploatare a generatoarelor electrice.

Statisticile arată că circa 20% din opririle în avarie ale generatoarelor sînt cauzate de defecte de izolație. În timpul funcționării, sub acțiunea solicitărilor electrice, termice și mecanice, izolația înfășurării statorice suferă un proces lent de îmbătrînire, care conduce la slăbirea calităților ei dielectrice în ansamblu. În cazul izolațiilor îmbătrînite, frecvența defectelor crește, ducînd la imobilizări de lungă durată ale generatoarelor, pentru remedieri.

Tehnica măsurătorilor existentă în prezent limitează posibilitățile de diagnosticare a stării izolației la generatoarele aflate în exploatare, în sensul că nu se pot detecta defecte locale, evolutive. Măsurătorile utilizate pot furniza informații privind starea generală, medie, a izolației și în cazul efectuării lor repetate, se poate urmări evoluția acestei stări în timp. Cunoașterea acestei evoluții permite, în special în cazul izolațiilor de tip vechi — termoplastice — care în prezent au un număr mare de ore de funcționare (peste 100 000 ore), să se stabilească dacă este necesar să fie înlocuite, precum și momentul optim din punct de vedere economic.

ICEMENERG a inițiat din anul 1976 un program de cercetări privind urmărirea evoluției în timp a stării izolației generatoarelor electrice din SEN, pe baza unor măsurători profilactice nedistructive. Astfel au fost puse la punct metodologii de măsură și urmărire în timp a parametrilor izolației — tg δ și descărcări parțiale — DP și au fost elaborate criterii de apreciere a stării izolației. De asemenea, a fost echipat un autolaborator SR 113 cu instalațiile și aparatajul necesar măsurătorilor, care poate fi utilizat pentru majoritatea generatoarelor din SEN.

Pînă în prezent ICEMENERG a efectuat măsurători profilactice și analize pentru determinarea stării izolației la circa 70 generatoare din SEN.

1. Metodologie de măsură a parametrilor izolației

Pentru determinarea stării izolației unui generator la un moment dat, este necesar să se măsoare periodic următorii parametri ai izolației: factorul de pierderi dielectrice (tg δ), capacitatea față de masă (C_x) și sarcina aparentă a descărcărilor parțiale (Q), de preferință începînd din momentul punerii în funcțiune (izolație în stare nouă).

Este de preferat ca măsurătorile să se efectueze cu aceeași aparatură și în același condiții de probe: temperatură, conductivitate a apei de răcire, presiune, hidrogen etc.

Intervalul de timp între două măsurători succesive trebuie să fie de minimum un an și maximum doi ani, considerînd o medie anuală de 7 000 ore de funcționare pentru turbogeneratoare și 3500 ore de funcționare pentru hidrogeneratoare.

Măsurătorile de tg δ, C_x și DP se execută pe fiecare fază în parte, celelalte două fiind legate la masă. Aceasta necesită desfacerea legăturilor dintre bornele generatorului și barele capsulate, precum și desfacerea stelei.

Încercările se fac cu tensiune alternativă 50 Hz, aplicată. Tensiunea este crescută în mod uniform, măsurătorile efectuîndu-se în trepte de 0,2 U_n, pînă la cel puțin 0,8 U_n.

În cazul generatoarelor răcite cu apă măsurătorile se efectuează cu instalația de răcire în funcțiune: conductivitatea apei trebuie să aibă cel mult valoarea prescrisă pentru exploatare (0,1 — 0,5 μS/cm).

În figurile 1 și 2 se prezintă schemele de principiu ale montajelor pentru măsurarea tg δ și C_x și respectiv DP la înfășurările statorice

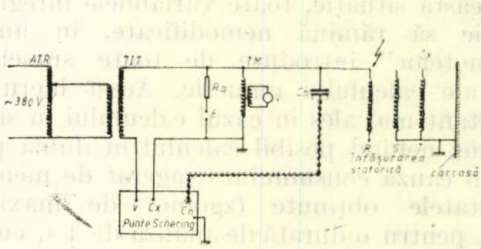


Fig. 1. Schema de principiu a instalației pentru măsurare tg δ: ATR — autotransformator reglabil; TIT — transformator ridicător de tensiune; E — eclator; R_a — rezistență adițională; TM — reductor de tensiune; C_n — condensator etalon.

---

* Ing. Dan Zlatanovici este cercetător științific pr. gr. III, dr .ing. Gheorghe Bălan este cercetător științific pr. gr. I la ICEMENERG, Filip Engster este subinginer principal la același institut.

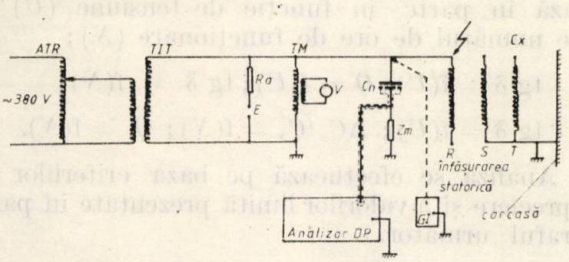


Fig. 2. Schema de principiu a instalației pentru măsurarea sarcinii aparente a descărcărilor parțiale :

GI — generator de impulsuri; Zm—impedanță etalon.

Se observă că partea de alimentare cu tensiune este aceeași la ambele montaje.

Elementele componente ale schemei de alimentare cu tensiune se aleg în funcție de capacitatea față de masă, C_x, a unei faze, și tensiunea maximă de încercare, U_{inc}.

Puterea de încercare se calculează cu relația :

$$S_{inc} = U_{inc} + I_{inc},$$

unde :

$$I_{inc} = C_x \times \omega \times U_{inc},$$

$$\omega = 2\pi f = 314.$$

De exemplu, puterea de încercare pentru o fază a generatorului de 330 MW tip THA — 330 — 2 IMGB, cu o tensiune egală cu tensiunea nominală este :

$U_{inc} = 24$ kV,

$C_x = 0{,}28$ μF,

$I_{inc} = 0{,}28 \times 10^{-6} \times 314 \times 24 \times 10^3 = 2{,}1$A,

$S_{inc} = 24 \times 10^3 + 2{,}1 = 50500$ VA $=$

$= 50{,}5$ kVA.

În consecință se va utiliza un transformator de încercare (T) și un autotransformator reglabil (ATR) cu puteri de circa 50 kVA fiecare.

Tensiunea înaltă, aplicată înfășurării, se măsoară în mod obligatoriu cu un reductor de tensiune (TM) ales în funcție de tensiunea maximă de încercare

De asemenea, schema va fi prevăzută în mod obligatoriu cu un eclator (E), de exemplu tip sferă-sferă, care se va regla în gol la o tensiune cu 10—20 % mai mare decît tensiunea maximă de încercare. Eclatorul are rolul de a limita valoarea de vîrf a tensiunii de încercare, în sarcină, în cazul apariției armonicilor în circuitul de măsură.

Capacitatea condensatorului etalon (C_n) trebuie să aibă o valoare de minimum 100 pF și o tensiune nominală cel puțin egală cu tensiunea maximă de încercare. De exemplu se poate utiliza condensatorul etalon tip MCT 100/75, TUR Dresda, 100 pF, 75 kV.

Pentru măsurarea propriu-zisă a tg δ și C_x se pot utiliza fie punți Schering cu brațe capacitiv-rezistiv, de tipul Tettex 2801 sau sovietice P 525, P 595, MD 16, fie punți Schering cu brațe inductive de tipul celor construite de Institutul Național de Metrologie (INM) București. În figura 3 se prezintă schemele de utilizare a punților Schering și relațiile de calcul ale tg δ și C_x.

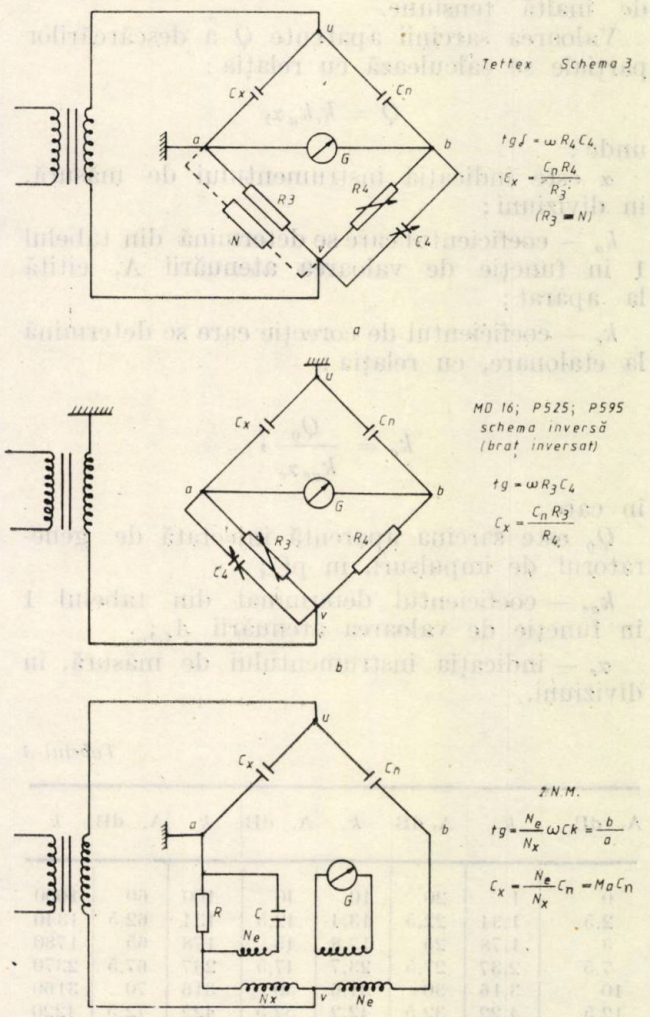


Fig. 3. Schemele de principiu de utilizare a diverselor tipuri de punți Schering pentru măsurarea tg δ și C_x.

Valorile tg δ se exprimă în procente :

$$\text{tg } \delta(\%) = 100 \text{ tg } \delta(\text{u.r.}),$$

iar valorile C_x în μ F.

Pentru măsurarea sarcinii aparente a descărcărilor parțiale se poate utiliza un analizor în bandă largă a DP de tip MUT 8 TUR Dresda (banda de frecvență 20 kHz — 10 MHz) îm-

preună cu generatorul de impulsuri tip PET — 2 (5—250 pC) și impedanța de măsură tip H 18 (150 Ω).

Înainte de aplicarea tensiunii se procedează la etalonarea circuitului de măsură cu generatorul de impulsuri etalon care injectează în punctul de cuplare al condensatorului etalon cu borna înfășurării generatorului și cu borna de înaltă tensiune a schemei de măsură, un semnal etalon de 250—500 pC (100 Hz, durata frontului 0,05 — 0,1 s). Etalonarea se face pentru fiecare fază separat, înainte de aplicarea tensiunii. După efectuarea etalonării generatorul de impulsuri se decuplează de la borna de înaltă tensiune.

Valoarea sarcinii aparente Q a descărcărilor parțiale se calculează cu relația :

$$Q = k_c k_a \alpha,$$

unde :

α este indicația instrumentului de măsură, în diviziuni ;

k_a — coeficientul care se determină din tabelul 1 în funcție de valoarea atenuării A, citită la aparat ;

k_c — coeficientul de corecție care se determină la etalonare, cu relația :

$$k_c = \frac{Q_0}{k_{ae}\alpha_e},$$

în care :

Q_0 este sarcina aparentă injectată de generatorul de impulsuri, în pC ;

k_{ae} — coeficientul determinat din tabelul 1 în funcție de valoarea atenuării A_e ;

α_e — indicația instrumentului de măsură, în diviziuni.

Tabelul 1

A, dB	k_a	A, dB	k	A, dB	k	A, dB	k
0	1	20	10	40	100	60	1000
2,5	1,34	22,5	13,4	42,5	134	62,5	1340
5	1,78	25	17,8	45	178	65	1780
7,5	2,37	27,5	23,7	47,5	237	67,5	2370
10	3,16	30	31,6	50	316	70	3160
12,5	4,22	32,5	42,2	52,5	422	72,5	4220
15	5,60	35	56	55	560	75	5600
17,5	7,50	37,5	75	57,5	750	77,5	7500

Rezultatele măsurătorilor se stochează într-o fișă tabelată a generatorului respectiv ; în tabelul 2 se prezintă un model de fișă utilizat de ICEMENERG în prezent.

În vederea efectuării analizei pentru determinarea stării izolației la un moment dat, se trasează diagramele de variație a parametrilor izolației și a mărimilor derivate, pentru fiecare fază în parte, în funcție de tensiune (U) și de numărul de ore de funcționare (N) ;

$$\operatorname{tg}\delta = f(U) ; Q = f(U) ; \operatorname{tg}\delta = f(N) ;$$

$$\operatorname{tg}\delta = f(U) ; \Delta C_x/C_x = f(N) ; Q = f(N).$$

Analiza se efectuează pe baza criteriilor de apreciere și a valorilor limită prezentate în paragraful următor.

Tabelul 2

FIȘA CU REZULTATELE MĂSURĂTORILOR DE tgδ ȘI D.P.

Centrala: Generatorul nr: tip:

P: MW U_n: kV Izolație tip:

Data							
Prilejul							
Nr. ore de funcționare							
Faza		A	B	C	A	B	C
tgδ [%]	0,2 U_n						
	0,4 U_n						
	0,6 U_n						
	0,8 U_n						
	1 U_n						
Δtgδ [%]							
C [μF]	0,2 U_n						
	0,8 U_n						
Δ C/C [%]							
D.P. Q [pC]	0,2 U_n						
	0,4 U_n						
	0,6 U_n						
	0,8 U_n						
	1 U_n						

2. Criterii de apreciere a stării izolației înfășurărilor statorice

Măsurătorile de tg δ și DP furnizează informații privind starea izolației în ansamblu eventuale defecte locale incipiente sau evolutive nu pot fi sesizate prin aceste măsurători

În privința măsurării tg δ există o experiență bogată, astfel că s-au dezvoltat o serie de criterii de apreciere unanim acceptate ; acest criterii se referă la forma și panta curbei tg în funcție de tensiune, variația tg δ, pragu de ionizare etc. S-au stabilit și valori limit pentru aceste criterii, dincolo de care izolați este nesatisfăcătoare.

În privința *DP* situația este diferită. Experiența în privința acestor măsurători este redusă. Se măsoară diferiți parametrii ai *DP* (sarcina aparentă, curent mediu energie, debit pătratic etc.) între care nu există relații de recurență precise, ceea ce împiedică cumularea informațiilor și dezvoltarea unor criterii unanim acceptabile. De asemenea, înseși problemele legate de măsurătorile propriu-zise nu sînt încă pe deplin rezolvate. Există diverse metode, în funcție de aparatura de măsură, parametrul *DP* care se măsoară, domeniul de frecvență etc.

Pînă în prezent nu există criterii și valori normate prin standarde sau recomandări CEI pentru aprecierea stării izolației generatoarelor electrice aflate în exploatare.

Numai pentru izolația barelor statorice în stare nouă, există norme interne de fabrică și chiar standarde în care se stabilesc valori limită pentru tg δ și Δtg δ. Un astfel de standard există și în România, elaborat de ICEMENERG : STAS 11614—81" Înfășurări statorice de înaltă tensiune ale mașinilor electrice rotative. Condiții tehnice și metode de încercare". La fabricile constructoare de generatoare din R.S.R. (IMGB și ICMR) există norme interne de fabrică, care conțin valori limită pentru tg δ, Δtgδ și *DP*, de acceptare a izolației barelor statorice, înainte de montare în generator.

În aceste condiții, s-au selectat din literatura de specialitate o serie de criterii și valori limită pentru aprecierea izolației generatoarelor aflate în exploatare. Aceste criterii au un caracter orientativ.

În principiu, aceste criterii se referă la variația tg δ, forma și panta curbei tg $\delta = f(U)$, pragul de ionizare, variația *DP* și corelația dintre variația tg δ și *DP* și numărul de ore de funcționare între măsurători.

Criteriile de apreciere a stării izolației utilizate de ICEMENERG au fost :

A. Creșterea valorii absolute a tg δ, măsurată la 0,6 U_n, față de valoarea măsurată anterior :

$$A_k = \frac{\text{tg } \delta_k - \text{tg } \delta_{k-1}}{\text{tg } \delta_{k-1}} \times 100 \quad (\%).$$

B. Panta curbei tg $\delta = f(U)$ — unghiul dintre asimptota la porțiunea crescătoare a curbe și axa tensiunii, în condițiile utilizării unui sistem unitar de scări ; pentru tensiune : 1 cm = $= 0{,}1U_n$ și pentru tg δ : 1 cm = 1 %.

C. Variația tgδ între $0{,}2U_n$ și $0{,}8U_n$:

$$\Delta\text{tg}\delta = \text{tg } \delta_{0,8} - \text{tg } \delta_{0,2} \, (\%)$$

D. Tensiunea de apariție a pragului de ionizare — cotul ce apare în curba tg $\delta = f(U)$; în cazul în care nu este evident se ia în considerație intersecția asimptotelor la cele două porțiuni ale curbei.

E. Creșterea valorii sarcinii aparente a descărcărilor parțiale măsurată la 0,6 U_n față de valoarea măsurată anterior :

$$E_k = \frac{Q_k}{Q_{k-1}}.$$

F. Variația capacității față de masă între $0{,}2U_n$ și $0{,}8U_n$ raportată la capacitatea la 0,2 U_n ;

$$\frac{\Delta C_x}{C_x} = \frac{C_{x\,0,8} - C_{x\,0,2}}{C_{x\,0,2}} \times 100. \quad (\%)$$

G. Indicele de îmbătrînire în timp după tg δ, egal cu raportul dintre creșterea valorilor tg δ între două măsurători succesive (A_k) și numărul de ore de funcționare (ΔN) :

$$G_k = \frac{A_k}{\Delta N} \times 10^3.$$

H. Indicele de îmbătrînire în timp după *DP*, egal cu raportul dintre creșterea valorilor sarcinii aparente a *DP* între două măsurători succesive (E_k) și numărul de ore de funcționare în acest interval de timp (ΔN) :

$$H_k = \frac{E_k}{\Delta N} \times 10^4.$$

De asemenea, s-au stabilit trei grade de îmbătrînire a izolației aflate în exploatare :

I — îmbătrînire lentă normală ;

II — îmbătrînire accentuată ;

III — îmbătrînire avansată, gravă.

În tabelele 3 și 4 se prezintă valorile ce definesc gradul de îmbătrînire în cadrul criteriilor de apreciere.

În analizele ce se efectuează se ține seama și de unele anomalii ce pot apărea în curba de variație a tg δ cu tensiunea și anume :

— o curbă care la început scade și apoi crește (sau chiar numai scade) indică faptul că izolația nu este suficient de uscată ;

— existența unei inflexiuni pe curbă (formată de S) indică existența unor dezlipiri între izolație și conductoarele elementare ;

— o curbă la care după o scurtă porțiune dreaptă apare o pantă bruscă indică existența unor dezlipiri între straturile de izolație.

De asemenea, dacă sarcina aparentă a *DP* are valori foarte mari, iar criteriile după tgδ indică o stare bună a izolației, înseamnă că starea suprafeței izolației, în special în zona capetelor de bobină și a bornelor, este necorespunzătoare (poluare, izolație slăbită, lacul semiconductor de acoperire deteriorat etc.).

Tabelul 3

Criterii / Grad de îmbătrînire	A_k	B	C	D	E_k	F	G_k	H_k
I	$<20\%$	$<L_p$	$<L_s$	$\geqslant 0{,}6U_n$	<2	$<L_c$	<3	<3
II	$20-50\%$	$\geqslant L_p$	$\geqslant L_s$	$(0{,}6-0{,}4)U_n$	$2-4$	$\geqslant L_c$	$3-9$	$3-9$
III	$>50\%$	$\geqslant L_p$	$\geqslant L_s$	$<0{,}4U_n$	>4	$\geqslant L_c$	>9	>9

Tabelul 4

Tipul izolației	L_p	L_s	L_c
Termorigidă	15°	1%	2%
Termoplastică	40°	4%	5%

3. Rezultate ale măsurătorilor și analizelor efectuate de ICEMENERG

În general, concluziile rezultate în urma analizelor efectuate pe baza măsurătorilor de tgδ și DP și a criteriilor de apreciere respective au fost confirmate de evoluția ulterioară a izolației respective.

Astfel, s-a constatat că măsurătorile de tgδ și criteriile corespunzătoare, oferă în general informații relativ certe privind starea izolației în ansamblu.

Valorile absolute ale tgδ sînt însă influențate de temperatura izolației, de valoarea conductivității apei de răcire la înfășurările răcite cu apă, de presiunea agentului de răcire (hidrogen). La hidrogeneratoare măsurătorile nu s-au putut efectua totdeauna în aceleași condiții de temperatură a izolației. De regulă, măsurătorile se fac în timpul unei revizii sau într-o perioadă de nefuncționare a grupului, cînd izolația are o temperatură în jur de 20—25°C. În unele situații măsurătorile s-au făcut imediat după oprirea generatorului din funcționare, temperatura fiind în jur de 45—50°C. În acest caz valorile absolute ale tg δ sînt mai mari; nu se poate face o corelație a valorilor tgδ în funcție de temperatură, deoarece pînă în prezent nu există o astfel de corelație. În consecință, la interpretarea rezultatelor s-a ținut cont de acest fapt, în sensul că deși în curba tgδ = = f(t) apărea o creștere, aceasta nu se datora unei deteriorări a izolației, ci temperaturii mai ridicate din timpul probelor.

De asemenea, s-a constatat că măsurătorile sarcinii aparente a DP nu sînt suficient de concludente. Cu tehnica de măsură de care se dispune în prezent nu se pot separa DP de suprafață de cele din interiorul izolației. Ponderea DP de suprafață este foarte mare în raport cu volumul total al DP măsurate; însăși curba Q = f(U) are alura curbei clasice a descărcărilor electrice în gaze, ceea ce conduce la concluzia că descărcările parțiale de suprafață sînt predominante. Descărcările parțiale de suprafață depind de o serie de factori, cum sînt: starea de curățenie a suprafeței izolației, în special în zona capetelor de bobină și în zona bornelor, starea stratului de lac semiconductor, slăbirea consolidării barelor în crestături, gradul de umezeală al izolației etc. Acești factori diferă de la o măsurătoare la alta, astfel că valoarea DP de suprafață poate fi mai mare sau mai mică.

În consecință, în etapa actuală, măsurătorile de DP oferă, în principal, informații privind starea suprafeței izolației în zona frontală.

Cu toate aceste limitări, măsurătorile și analizele efectuate de ICEMENERG au condus la concluzii privind starea izolației la un moment dat și pe baza lor s-au putut face recomandări privind reviziile tehnice și reparațiile capitale. În unele cazuri, bine justificate, s-a recomandat rebobinarea completă a generatoarelor sau, din contră, s-a recomandat să nu se rebobineze generatorul.

În continuare se prezintă cîteva cazuri în care s-au luat decizii de maximă importanță pentru SEN.

a. Hidrogeneratorul nr. 6, de 50 MW de la CHE Stejaru-Bicaz, a avut inițial o izolație termoplastică tip micafoliu. Într-un interval de urmărire de circa 23 000 ore (patru seturi de măsurători), valoarea absolută a tgδ la 0,6 U_n a crescut cu 75%, panta curbei tgδ = = f(U) a crescut de la 25° la 64°, pragul de ionizare s-a deplasat de la 0,65 U_n la 0,4 U_n, Δtgδ a crescut de la 0,8 % la 4,2 %, iar variația capacității față de masă a crescut de la 2% la 7%; forma curbei tgδ = f(U) — porțiune dreaptă, urmată de o pantă bruscă — presupune existența unor dezlipiri între straturile izolației. Analizele efectuate pe baza criteriilor de apreciere au dus la concluzia că izolația este într-un stadiu avansat de îmbătrînire și progresează rapid, fapt confirmat și de creșterea numărului de avarii din cauza izolației. În această situație

a decis rebobinarea completă. La analizele lterioare, efectuate pe barele scoase din gene- ıtor, s-a constatat existența unor dezlipiri ıtre straturile izolației pe porțiuni foarte mari dezlipirea izolației de conductoarele elemen- ıre; în anumite porțiuni cunductoarele ele- ıentare aveau joc de ordinul zecimilor de ıilimetru. Rebobinarea s-a făcut în 1976 u o izolație termorigidă românească, cu care rilej s-a modificat și schema de înfășurare.

O situație similară a impus și rebobinarea idrogeneratorului nr. 5 de la aceeași centrală.

b. La hidrogeneratorul nr. 3 de la CET ucurești-Sud, în 1977 s-a pus problema rebobi- ării generatorului; grupul avea circa 80 000 ore e funcționare și o reparație de amploare o parte din barele statorice (efectuată la 2 500 ore de funcționare). Analiza efectuată data respectivă — pe baza a două seturi de măsurători la un interval de 37 500 ore de funcționare — a dus la concluzia că izolația este stare bună și nu este necesară rebobinarea eneratorului. Grupul a funcționat în continuare fără nici un incident datorat izolației, vînd în prezent 125 000 ore de funcționare. nalizele periodice au evidențiat menținerea olației într-o stare acceptabilă pentru numărul e ore de funcționare acumulat. Astfel, la ultima naliză, pentru un interval de 63 000 ore de ncționare, valoarea absolută a tg δ la 0,6 U_n crescut cu 28 %, panta curbei tg $\delta = f(U)$ a menținut la circa 30°, pragul de ionizare a apropiat de 0,3 U_n, DP au crescut de circa ori, Δ tg δ s-a menținut la 1,9 %, $\Delta C_x/C_x$ crescut de la 4% la 5,2%. Se remarcă apariția ei inflexiuni în curba tg $\delta = f(U)$, ceea ce esupune începutul unui proces de dezlipire tre izolație și conductoarele elementare.

Este evident că izolația acestui generator ebuie supravegheată în continuare și că se ropie momentul cînd se va impune rebobi- area completă.

c. La turbogeneratorul nr. 2 de 200 MW la IE Rovinari, cu prilejul reparației capitale n 1982 s-a pus, de asemenea, problema înlo- uirii complete a bobinajului. În urma unei varii grave, care a deteriorat o parte a ecra- elor deflectoare pentru hidrogenul de răcire, a constatat o permanentă poluare cu ulei bobinajului statoric, ceea ce a favorizat pariția unor dese puneri la masă statorice în na capetelor de bobină. În urma măsurăto- lor — trei seturi de măsurători — și a ana- zei efectuate la acea dată, s-a ajuns la concluzia izolația în ansamblu, deși a fost supusă în petate rînduri la încercări cu tensiune alter- ativă mărită, prezintă un grad de îmbătrî- re acceptabil, pentru numărul de ore de ncționare (circa 46 000 ore). Astfel, într-un terval de aproximativ 20 000 ore valoarea bsolută a tg δ la 0,6 U_n a crescut cu 60%, anta curbei tg $\delta = f(U)$ s-a menținut la circa 19°, pragul de ionizare s-a menținut la 0,5 U_n, Δtgδ a crescut de la 0,8 % la 1 %, iar $\Delta C_x/C_x$ de la 0,9 % la 1,5 %.

În consecință, s-a adoptat hotărîrea ca în 1982 să se facă o reparație locală, adecvată, la capetele de bobină, cu utilizarea tehnologiei și materialelor originale (R.S.C.) După reparație, pînă în prezent nu a mai avut loc nici un incident datorită izolației la acest generator.

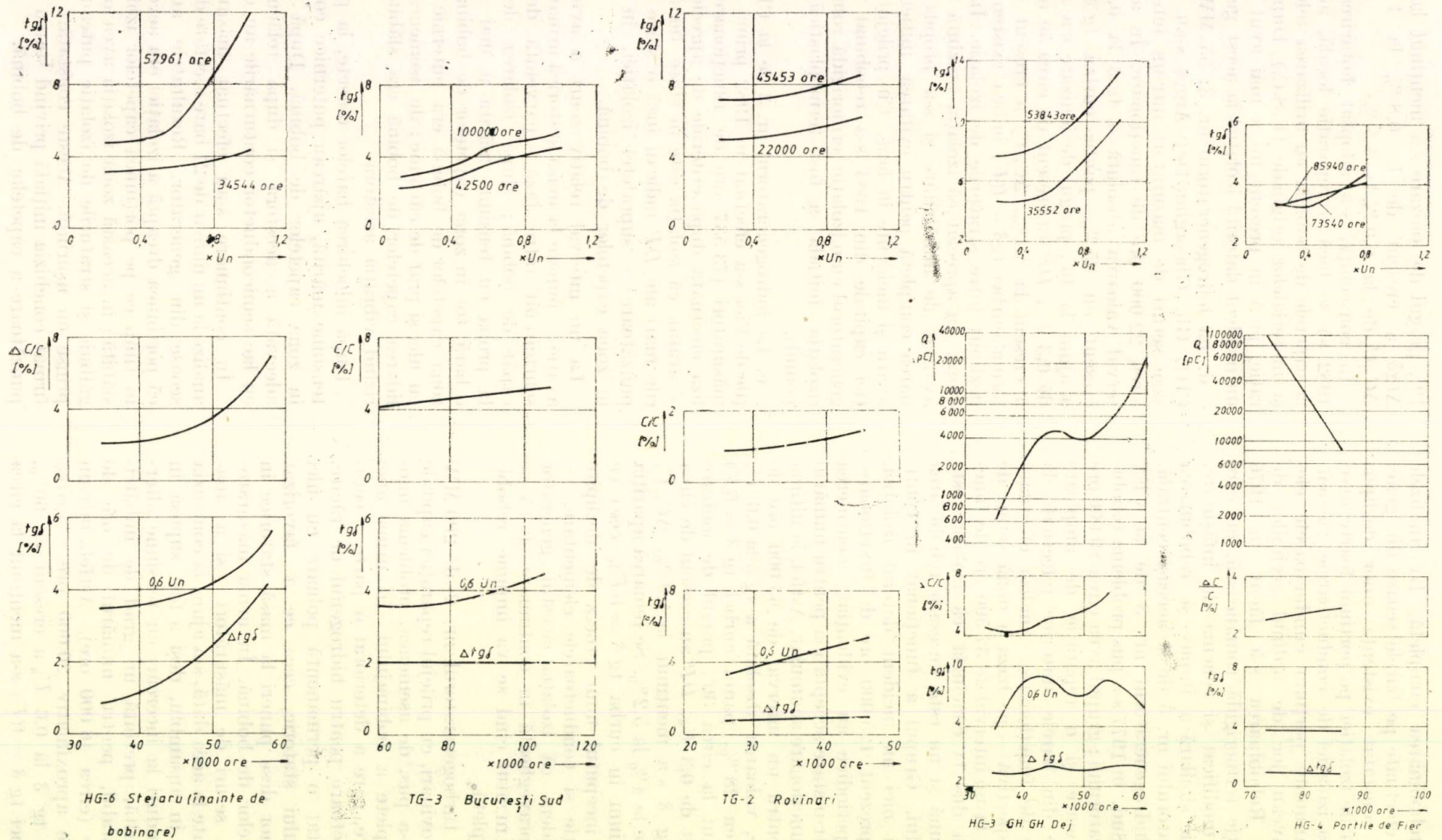
d. La hidrogeneratorul nr. 3, 55 MW, de la CHE Gh. Gheorghiu-Dej Argeș s-au efectuat șase seturi de măsurători într-un interval de circa 22 000 ore de funcționare. În acest interval valoarea absolută a tg δ la 0,6 U_n a crescut cu 25 %, panta curbei tg $\delta = f(U)$ a ajuns la 46°, pragul de ionizare s-a apropiat de 0,3 U_n, DP au crescut de circa 50 ori, Δtgδ a crescut la 3,4%, $\Delta C_x/C_x$ a crescut la 7 %; forma curbei tg$\delta = f(U)$ indică existența unor dezlipiri între straturile de izolație. În consecință, s-a apreciat că izolația prezintă un grad avansat de îmbătrînire și s-a propus rebobinarea completă pentru evitarea inițierii unor avarii și incidente în lanț. Cu prilejul reparației capitale din 1983 s-a rebobinat complet generatorul cu o izolație termorigidă românească (izolația inițială a fost termoplastică — compound).

e. La hidrogeneratorul nr. 3 de la CHE Porțile de Fier s-a efectuat în 1982 prima serie de măsurători (73 537 ore de funcționare). Analiza efectuată după criteriile de apreciere (tgδ) a arătat că izolația este în stare bună. Valorile mari ale DP indicau însă o stare necorespunzătoare a suprafeței izolației, în special în zona capetelor de bobină.

La un interval relativ scurt a avut loc o avarie — punere la masă statorică urmată de un scurtcircuit între faze — parvenită de la un capăt de bobină; după izolarea defectului, la proba cu tensiune mărită a mai străpuns o bară, tot în zona capetelor de bobină. Toată zona capetelor de bobină era puternic poluată cu ulei și praf de cărbune; de asemenea, consolidarea capetelor de bobină era slăbită, favorizînd vibrația acestora.

După înlocuirea barelor defecte, la proba cu tensiune mărită, apăreau puternice conturnări în zona capetelor de bobină. După spălarea adecvată a acestora și după relăcuirea lor cu lac semiconductor conturnările au dispărut.

În continuare s-au efectuat măsurători și analize la un număr de 21 bare afectate de defect, scoase din generator. Rezultatele au arătat că porțiunea dreaptă a izolației era acceptabilă, în timp ce pe porțiunea capetelor izolația era slăbită; în această zonă izolația avea o culoare gălbuie și straturile de izolație puteau fi desprinse cu ușurință. Aceste constatări au confirmat concluzia inițială privind starea necorespunzătoare a capetelor de bobină.



a b

Fig. 4. Variația parametrilor izolației în funcție de numărul de ore de funcționare și de tensiune.

În 1983 s-a efectuat o nouă serie de măsu-ători. Valorile *DP* reduse substanţial — circa)00 pC — indică o ameliorare a stării suprafeţei :onei frontale, ca urmare a operaţiilor efec-uate. În rest, criteriile de apreciere indică o tare de îmbătrînire normală pentru numărul le ore de funcţionare (circa 86 000 ore) cu ten-linţe de accentuare. Izolaţia acestui generator rebuie supravegheată în continuare deoarece, n mod cert, izolaţia în zona capetelor de bobină ste slăbită.

Tabelul 5

Generatorul analizat	Criteriul de apreciere şi valoarea	Gradul de îmbătrînire	Concluzii
IG-6 CHE Ste-aru 0 MW, 10,5kV :ol. compound N = 57.971 ore ΔN = 23.417 ore M = 4 nainte de :bobinare)	A = 75% B = 64° C = 4,2% D = $0{,}4U_n$ E = — F = 7% G = 3,3 H = —	III III II III — III II —	III Propus pentru re-bobinare
G-3 CET 3uc. Sud 00 MW, 0,5 kV izol. liudoterm N=106.000ore ΔN=63.500 ore M = 5	A = 28% B = 30° C = 1,9% D = $0{,}3U_n$ E = 4,2 ori F = 5,2% G = 0,4 H = 1,6	II II II III II II I I	II
G-2 IE :ovinari 00 MW, 15 kV :ol. relanex N = 45.493 ore ΔN = 19.493 M = 2	A = 70% B = 19° C = 1% D = $0{,}5U_n$ E = — F = 2,5% G = 3,6 H = —	III II II II — II II —	II
IG-3 CHE Gh. :h. Dej 55MW, 0,5 kV :ol. compound N = 53.843 ore ΔN=21.493 ore M = 5	A = 21% B = 46° C = 3,4% D = $0{,}35U_n$ E = 54,5 ori F = 7% G = 0,9 H = 25	II II I III III III I III	II—III Propus pentru rebobi-nare
IG-4 CHE orţile de Fier 71 MW, 5,75 kV ol. sliudoterm N=85.940 ore I = 2	A = —4,7% B = 16° C = 0,65% D = 0,8 U_n E = 0,05 ori F = 2,76% G = —0,37 H = 0,04	I II I I I II I I	I—II

În tabelul 5 se prezintă sintetic analiza stării izolaţiei la generatoarele menţionate, iar în figura 4 curbele de variaţie ale parametrilor de izolaţie, în funcţie de numărul de ore de funcţionare şi tensiunea de încercare.

4. Concluzii

Din exemplele prezentate rezultă utilitatea programului de urmărire a stării izolaţiei generatoarelor electrice din SEN.

Concluziile privind starea izolaţiei înfăşurărilor statorice, rezultate în urma analizelor efectuate pe baza măsurătorilor de tg δ şi *DP* şi a criteriilor de apreciere respective, au fost în general confirmate de evoluţia ulterioară a izolaţiei respective.

Pe măsura acumulării datelor experimentale şi a diverselor verificări şi constatări cu ocazia reparaţiilor, criteriile de apreciere şi valorile limită vor putea fi îmbunătăţite.

Bibliografie

[1] Edwin, K. W. *Alternugsmessungen an Hachspannung swichlungen von Synchronmaschinen.* În: Electrotechnik mid Maschinenbau, 1, 1960.

[2] *Ickelfalussy, G. Izolaţia de înaltă tensiune a maşinilor rotative.* În: Electrotehnica, R.P.U., 65,7, 1972.

[3] Denham, J. A. ş.a. *Conception, developpement et apréciation du comportement en service des systémes isolants des turbo-alternateurs.* CIGRE, Rap. 15.01.1972.

[4] Divan, P. *Decharges partielles et dures de dire des isolations.* R.G.E. nr. 5, 77, 1968.

[5] Carlier, J. *Agringmider voltage of the insulation of rotating machines.* CIGRE Rap. 15.06.1976.

[6] Lisakovski, G.I. *Opit expluatafii izolafii ghenera-torov TGV-200.* În: Electriceskie Stanţii nr. 9, 1975.

[7] Kulakovski, V. B. *Oţenka stepeni ioniza starenia obmotoc ghidrogheneratorov.* În: Electriceskie Stanţi nr. 1, 1976.

[8] Burdulea, C., Cathelain, J. *Nouvelle méthode d'evolution des degradation dans l'isolation des machines electriques.* În: R.G.E., nr. 10, 1974.

[9] Karamzin, A. P. *O spokal profilacticeskie ispitanii izoliafii obmotke statora turbogheneratorov.* În: Electriceskie Stanţii nr. 9, 1979.

[10] Terase, H. *Propasal of gras filled insulation for rotating machins.* În: IEEE Transactions on PAS, 6, 1981.

[11] Zlatanovici, D., Bălan, Gh., Engster, F. *Rezultatele obţinute în urmărirea comportării în exploatare a izolaţiei înfăşurărilor statorice ale generatoarelor electrice.* Sesiunea ştiinţifică ICEMENERG, 1980.

[12] Horvath, T. *Încercarea izolaţiei electrice.* Editura tehnică, 1983.

[13] Zlatanovici, D., Bălan, Gh., Engster, F. *Urmărirea comportării în exploatare a izolaţiei înfăşurărilor statorice ale generatoarelor electrice din SEN.* Colecţia „Generalizarea rezultatelor din cercetare" vol. 208, ICEMENERG, 1983.

(Primit la 12 aprilie 1984, acceptat la 7 mai 1984)

Un criteriu energoeconomic pentru determinarea volumului rațional de injecții de impermeabilizare

Ing. Dan Stematiu, ing. Ion Bichea, ing Liviu Popescu*

An Energy-Economic Criterion for Determining the Rational Volume o Impermeabilization Injections

(Condensed from the paper in Romanian)

The paper contains an evaluation on an energy-economic criterion of the optimal impermeabilization injections volume for a high pressure head race such as to provide a balance between the impermeabilization injections investments and the energy gain obtained by decreasing flow exfiltration losses in the culvert.

Since the permeability reduction of the rock mass surrounding the race and of the decrease of flows infiltered in the race are the result of impermeabilization injections the exfiltering of the link between the permeability reduction and the injected cement consumption is necessar. This link can be obtained by introducing in the test race some injection cycles and by determining the permeability by tests carried out during survey borings. The results are represented graphically as the ratio variation $(k_f/k_i)_{cycle}$ between the final permeability at the cycle end and the initial permeability depending on the injected cement volume.

Since such determinations were unavailable the injection documents from a section of the Tău-Șugag culvert have been examined so that the above mentioned link as well as the manner in which the injection liquid spreads through the rock were obtained.

Admitting that the infiltration process is in fact a permanent water circulation regime, governed by the law of Darcy, the determination of the hydraulic loads within the ro and of the flows exfiltered from the race is performed solving the general bidimensional infiltration equation on normal plane on the race axis by means of the finite elemen method. The values of exfiltered flows affected by calculati hypotheses have been- corrected, taking into account t flows transients and the real spreading of the exfiltrati area. These values have been compared finally to measur ments carried out systematicàlly for some head races Switzerland.

An energy-economic criteriorn defined by minimal annu expenses has been the basis for the parameters analysis of t optimal cement consumption needed for the impermeabil zation depending on the netto height of the plant and on t service pressure inside the race.

The final results were presented as diagrams for the determ nation of the optimal injection volume depending on the t parameters mentioned above and on the hydraulic conduct vity characteristics of the rock.

From the parameters'analysis it results that the maximu share parameter in evaluating the optimal injected cemer volume is the netto plant head height.

Determinările „in situ" făcute în galerii cu apă sub presiune au pus în evidență o mare împrăștiere a conductivităților hidraulice ale rocii și cămășuielii și, respectiv, a pierderilor de debit prin exfiltrație. În cazul galeriilor de aducțiune sub presiune mare, cămășuiala este afectată de fisuri cu deschidere limitată, dar cu efecte foarte importante asupra exfiltrațiilor. Atunci cînd și roca înconjurătoare este permeabilă se impune realizarea unor injecții de impermeabilizare pentru reducerea debitelor exfiltrate.

Problema evaluării debitelor exfiltrate și, respectiv, a efectelor produse de injectare asupra acestora a preocupat o serie de specialiști în domeniul galeriilor — Sanșiev, Zienkiewicz, Park, respectiv M. Vasilescu, G. Luca și A. Stănucă la noi. Mai mult, în lucrarea sa d doctorat [1] A. Stănucă pune în evidență pierderea prin exfiltrație a unui debit d galerie reprezintă, în fond o pierdere de energ pentru amenajarea hidroenergetică și ca urma propune determinarea volumului de lucrări injecții pe baza criteriilor energoeconomi de tipul beneficiu maxim, sau cheltuieli anua minime. Soluțiile se bazează pe determinar razei zonei injectate, pornind de la tratar cilindrului liber și legile generale de curge ale apei în medii poroase.

În lucrarea de față se reia același criter energoeconomic de determinare a volumul lucrărilor de injectare, bazat, de această dat pe evaluări cantitative experimentale privir efectele injecțiilor de impermeabilizare și re pectiv pe un model în elemente finite a fen menului de exfiltrație pentru determinarea d bitelor exfiltrate.

* Dr. ing. Dan Stematiu estetșef lucrări la Institutul de Construcții București; ing. Ion Bichea este asistent la același institut; ing. Liviu Popescu — Institutul de Fizică Atomică.

. Măsura cantitativă a efectului injecțiilor e impermeabilizare

Injecțiile de impermeabilizare au rolul de reduce permeabilitatea rocii din jurul cămăuielii, reducînd astfel pierderea de apă spre xterior.

Pentru stabilirea legăturii existente între educerea permeabilității masivului și conumul de ciment injectat este necesară reazarea unor galerii de probă în care se fac eterminări ale permeabilităților inițială și nală, corespunzătoare diferitelor consumuri e ciment (kg/ml de galerie). În galeria de probă prevăd mai multe cicluri de injectare și eterminare a permeabilității obținute după jectare. Fiecărui ciclu i se asociază un consum respunzător injectărilor efectuate și o ermeabilitate rezultată în urma probelor în rajele de control. Rezultatele se concretizează ub forma unor grafice ce redau variația raporului $(k_f/k_i)_{ciclu}$ dintre permeabilitatea finală sfîrșitul ciclului și permeabilitatea inițială, funcție de volumul de ciment injectat.

În prezenta lucrare, în lipsa unor determinări ecifice, s-au prelucrat fișele de injecții de un traseu al aducțiunii Tău-Șugag alcătuit n 10 inele (fig. 1 *a*, inelele 41...50). Aceste e, puse la dispoziția autorilor de I.S.P.H. ucurești [2], au permis determinarea, prin elucrări, a variației raportului k_f/k_i cu conmul de ciment (fig. 1 *b*).

În tabelul 1 sînt prezentate sintetic, pentru ecare inel, permeabilitatea inițială și permeabilitatea finală, în lugeoni și m/s, consumul ciment realizat, diluția lichidului de injectare presiunea de injectare.

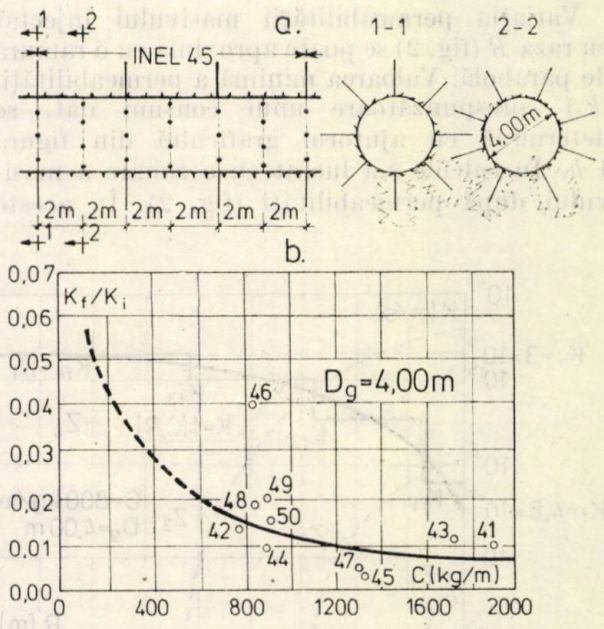


Fig. 1 a. Dispunerea forajelor de injectare (Tău—Șugag); b. Variația raportului k_f/k_i cu consumul de ciment (c); k_f — permeabilitatea masivului după injectare; k_i — permeabilitatea masivului neinjectat; *43 — inel 43

2. Evaluarea debitelor exfiltrate

Se admite că lichidul de injectare difuzează în masiv pe circa 4 Dg în jurul galeriei. Impermeabilizarea mai accentuată se produce imediat în zona golului, scăzînd în intensitate pînă la permeabilitatea inițială a masivului la limita zonei de difuzare.

Tabelul 1

Inel	k_i		Consum (kg/ml)	Diluție		$P_{injectare}$ (at)		k_f	
	lugeoni	m/s × 10^{-5}		min.	max.	min.	max.	lugeoni	m/s × 10^{-5}
41	1,9	4,0	1909	1 : 10	1 : 0,8	3	15	0,020	0,040
42	1,5	3,1	805	1 : 10	1 : 0,8	4	15	0,022	0,044
43	1,7	3,6	1751	1 : 10	1 : 0,8	4	15	0,020	0,040
44	1,4	2,9	913	1 : 10	1 : 0,8	8	15	0,014	0,030
45	1,6	3,4	1349	1 : 10	1 : 0,8	6	15	0,007	0,015
46	1,1	2,3	850	1 : 10	1 : 0,8	6	15	0,043	0,090
47	1,5	3,1	1277	1 : 10	1 : 0,8	6	15	0,007	0,015
48	1,3	2,7	870	1 : 10	1 : 0,8	6	15	0,025	0,052
49	1,6	3,4	921	1 : 10	1 : 0,8	3	15	0,034	0,071
50	1,4	2,9	946	1 : 10	1 : 0,8	6	15	0,021	0,044

Variația permeabilității masivului injectat cu raza R (fig. 2) se poate aproxima cu o ramură de parabolă. Valoarea minimă a permeabilității (k_f) corespunzătoare unui consum dat, se determină cu ajutorul graficului din figura 1 *b*. În calcule s-a lucrat cu o zonare a masivului după permeabilități (fig. 2). În aceste

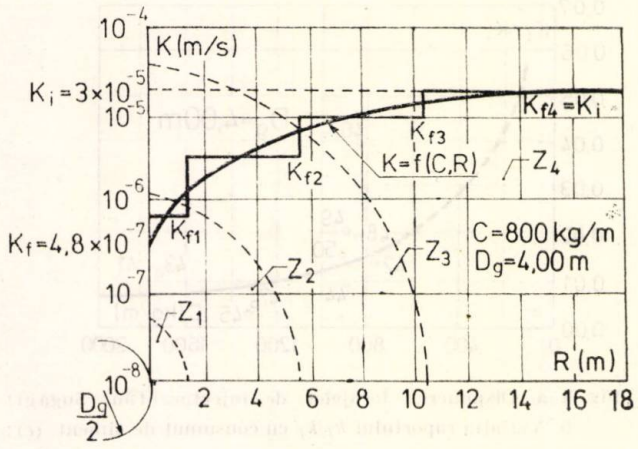


Fig. 2. Variația permeabilității masivului injectat cu raza (R)

condiții, masivul inițial omogen izotrop se transformă într-un masiv neomogen izotrop.

Cunoscînd permeabilitatea inițială (pentru cazul prezentat egală cu media aritmetică a permeabilităților inițiale ale celor 10 inele $\cong 3\cdot10^{-5}$ m/s) se determină permeabilitatea medie a masivului după injectare k_f și, respectiv, permeabilitățile zonale, prezentate sintetic în tabelul 2.

Tabelul 2

Consum, kg/ml	k_f/k_i	$k_f\times10^{-5}$, m/s	Permeabilități zonale, m/s $\times10^{-5}$			
			k_{f1}	k_{f2}	k_{f3}	k_{f4}
0	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
100	0,06	0,18	0,30	0,70	2,50	3,00
200	0,042	0,126	0,25	0,65	2,00	3,00
400	0,028	0,084	0,10	0,55	1,50	3,00
600	0,021	0,063	0,09	0,50	1,30	2,00
800	0,016	0,048	0,017	0,45	1,00	3,00
1000	0,012	0,036	0,065	0,40	0,90	3,00
1200	0,0102	0,033	0,06	0,3	0,87	3,00
1400	0,009	0,027	0,055	0,25	0,85	3,00
1600	0,0075	0,0225	0,05	0,23	0,83	3,00
1800	0,007	0,021	0,049	0,22	0,82	3,00
2000	0,007	0,021	0,0485	0,21	0,81	3,00

Considerînd că procesul de exfiltrație corespunde unui regim permanent de mișcare apei, guvernat de legea lui Darcy, determinarea sarcinilor hidraulice din masiv și a debitelor exfiltrate din galerie se face pe baza rezolvării prin metoda elementelor finite, a ecuației generale a infiltrației bidimensionale într-un plan normal pe axul galeriei [3].

Prin minimizarea funcționalei:

$$E = \frac{1}{2}\int_v [\text{grad } H]^T\ [K]\ \{\text{grad } H\}\ dv \qquad (1$$

ce corespunde energiei disipate în procesul de curgere, se obține sistemul de ecuații algebrice:

$$[K_i]\ \{H\} = \{R\}, \qquad (2$$

unde:

$[K_i] = [k_i]$ este matricea de infiltrație a domeniului, rezultată din însumarea matricelor de infiltrație a elementelor finite;

R — termenul liber corespunzător condițiilor de margine de tip sarcină hidraulică impusă.

Prin rezolvarea sistemului se determină sarcinile hidraulice din nodurile discretizării.

Evaluarea debitului exfiltrat pe una din laturile elementului finit se face pe baza relațiilor [4]:

$$q_i = [Q]\ \{H\},$$

$$[Q] = \int [CD]\ [k]\ [B]\ dl, \qquad (3$$

unde:

[CD] = [cosαcosβ] este matricea cosinușilor directori ai normalei la latura elementului finit;

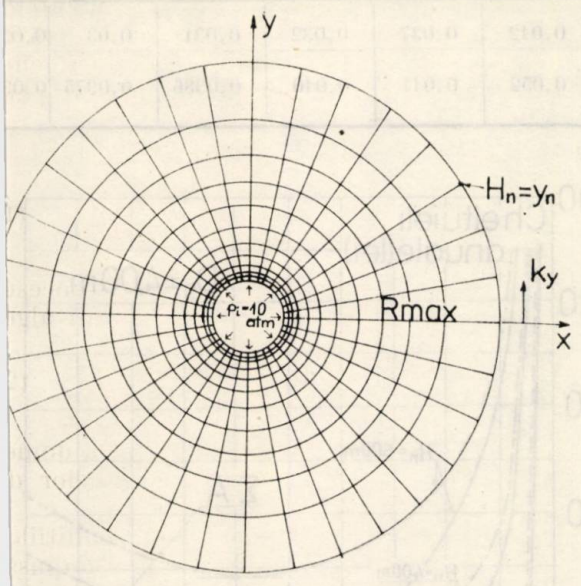
[k] — matricea de permeabilitate a elementului;

[B] — matricea derivatelor funcțiilor de aproximare.

Discretizarea domeniului s-a realizat pentru un domeniu de exfiltrație circular, suficient de extins în jurul galeriei, ce corespunde unei situații din regimul nepermanent la un timp t_k. Discretizarea cuprinde 384 de puncte nodale și 352 de elemente (fig. 3). Condițiile de margine sînt specificate sub formă de sarcini hidraulice impuse. În nodurile de pe conturul exterior al domeniului sarcinile hidraulice sînt chiar cotele punctelor nodale. Pe conturul interior care bordează golul galeriei, sarcinile hidraulice sînt egale cu presiunea apei din galerie. Se arată că originea axelor de coordonate este situată în axul galeriei și că la evaluarea sarcinilor hidraluice impuse pe acest contur se neglijează cotele punctelor nodale foarte mici în raport cu presiunea interioară p.

Deoarece cămășuielile de beton armat și beton precomprimat supuse presiunii interioare fisurează ca urmare a rezistențelor scăzute la tensiune a betonului, în calcul

rmeabilitatea cămăşuielii a fost considerată roximativ egală cu aceea a zonei I din asiv.



3. Discretizarea domeniului: $D_g = 400$ m; $R_{max} = 17{,}95$ m; $N_{nod} = 384$; $N_{elem} = 352$.

Pe baza modelului matematic prezentat u evaluat debitele exfiltrate în cazul unei erii de studiu, de 4,00 m diametru, care ăbate un masiv caracterizat de o conductivi- e hidraulică de 3×10^{-5} m/s. În cazul masi- ui neinjectat, admiţînd regimul permanent, oarea debitului a rezultat de 2×10^{-4} m³/s. ml tru o presiune interioară de 10 at. O asemenea ă este însă afectată de ipotezele de calcul, form cărora domeniul de studiu este limitat un contur circular cu o extindere de patru metre. În realitate, domeniul de exfiltraţie espunzător funcţionării de lungă durată entralei se extinde foarte mult, fiind limitat erior de o calotă subterană cu suprafaţă ră, lateral de limita versanţilor, iar inferior orizonturile mai puţin permeabile din masiv. luarea debitului pentru aceeaşi situaţie a sivului neinjectat, simulînd însă regimul ermanent prin metoda stărilor succesive manente [3], a condus pentru galeria stu- tă şi o anumită configuraţie caracteristică ersanţilor la o valoare stabilizată de $0{,}7 \times$ ^{4} m³/s.ml. galerie.

Ordinul de mărime al debitelor calculate a verificat cu o serie de măsurători efectuate ematic pentru unele galerii de aducţiune din eţia [5], ale căror valori sînt redate în tabe- 3.

n cele ce urmează, calculele debitelor exfil- e q_f s-au efectuat mai departe, în cazurile ritelor extinderi ale lucrărilor de injectare, izînd ipoteza regimului permanent în dome- l de exfiltraţie circular. Valorile rezultate u corectat însă pentru a ţine seama de regi-

Tabelul 3

Aducţiune	Tipul rocii	Presiunea interioară m H_2O	Debitul exfiltrat l/s, 10 m H_2O, 1000 m²
Roseland $L=13$ km, $D_g=4{,}8$ m	şist, gnais tare, fisurat	150	9,6
Amsteg $L=7{,}5$km $D_g=2{,}8$ m	şist perturbat	34	necăptuşit 4,3...6,6 căptuşit 0,57...0,85
Barberine $L=2{,}2$ km, $D=2{,}2$m	gnais granit	72	0,11
Waggital $L=6{,}3$ km, $D=4{,}2$ m	gnais	72	0,02

murile tranzitorii şi de extinderea reală a domeniului de exfiltraţie, utilizînd relaţia:

$$q_f^r = q_i^r \cdot \frac{q_f}{q_i}, \qquad (4)$$

în care:

q_f^r este debitul real exfiltrat după injectare;
q_i^r — debitul real exfiltrat în cazul masivului neinjectat;
q_f/q_i — raportul dintre debitul final şi cel iniţial determinat prin calcule în regim permanent simplificat (fig. 4).

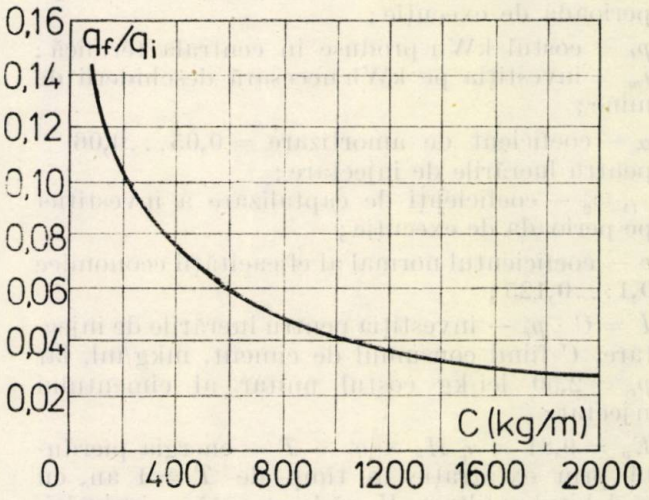


Fig. 4. Variaţia raportului q_f/q_i cu consumul de ciment (C).

Pentru exemplul analizat s-a admis $q_i^r = 0{,}1$ l/s, 10 m H_2O şi 1000 m², conform datelor de calcul şi din literatură, ceea ce revine unui debit exfiltrat pe metru liniar de galerie de $1{,}25 \times$ $\times 10^{-4}$ m³/s. În tabelul 4 sînt prezentate rezultatele calculelor efectuate, indicînd variaţia raportului q_f/q_i cu consumul de ciment la injec-

Tabelul

Consum (kg/ml)	0	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	200
q_f/q_i	1	0,14	0,1	0,075	0,06	0,05	0,042	0,037	0,032	0,031	0,03	0,0
$q_f^r 10^{-4} m^3/s.$ ml	1,25	0,175	0,125	0,0935	0,071	0,062	0,052	0,041	0,040	0,0386	0,0375	0,0

tare și respectiv debitele exfiltrate reale, corectate cu relația (4).

3. Calculul consumului optim la injectare

Pentru obținerea consumului optim de ciment la injectare se caută realizarea unui echilibru rațional între costurile lucrărilor de injectare și efectele favorabile de reducere a pierderilor de energie provocate de pierderea debitelor exfiltrate. Utilizînd criteriul energoeconomic cunoscut al cheltuielilor anuale minime, acest echilibru este dat de relația :

$$\Sigma A = A_1 + A_2 = \min., \qquad (5)$$

unde :

$A_1 = (\alpha + \varepsilon_1 e)I$ este amortismentul, reparațiile capitale și cheltuielile de reproducție la investiția capitalizată pe perioada execuției ;

$A_2 = (p_t + \varepsilon_2 e i_m)E_p$ — costul anual al energiei produse în centrala termoelectrică de înlocuire, plus cheltuielile de reproducție pentru investiția necesară deschiderii de mine, capitalizată pe perioada de execuție ;

p_t — costul kWh produse în centrala termică ;

i_m — investiția pe kWh necesară deschiderii de mine ;

α — coeficient de amortizare $= 0{,}05 \ldots 0{,}06$ pentru lucrările de injectare ;

ε_1, ε_2 — coeficienți de captalizare a investiției pe perioada de execuție ;

e — coeficientul normal al eficacității economice $0{,}1 \ldots 0{,}125$;

$I = C \cdot p_c$ — investiția pentru lucrările de injectare, C fiind consumul de ciment, mkg/ml, iar $p_c = 2{,}50$ lei/kg costul unitar al cimentului injectat ;

$E_p = 9{,}81 \times \eta\, H_n \times q_f^r \times T$ — energia pierdută prin exfiltrație în timp de $T = 1$ an, cu q_f^r debitul exfiltrat, H_n căderea netă a centralei, $\eta = 0{,}76$ randamentul global al uzinei hidroelectrice.

Rezolvarea minimizării cheltuielilor anuale s-a făcut pe cale grafică, conform cu reprezentările din figura 5. S-au analizat trei situații distincte, în funcție de căderea netă a centralei de 200, 400 și 600 m. Se constată o variație importantă a consumului de ciment optim cu căderea la centrală, între 500 și 1200 kg/ml.

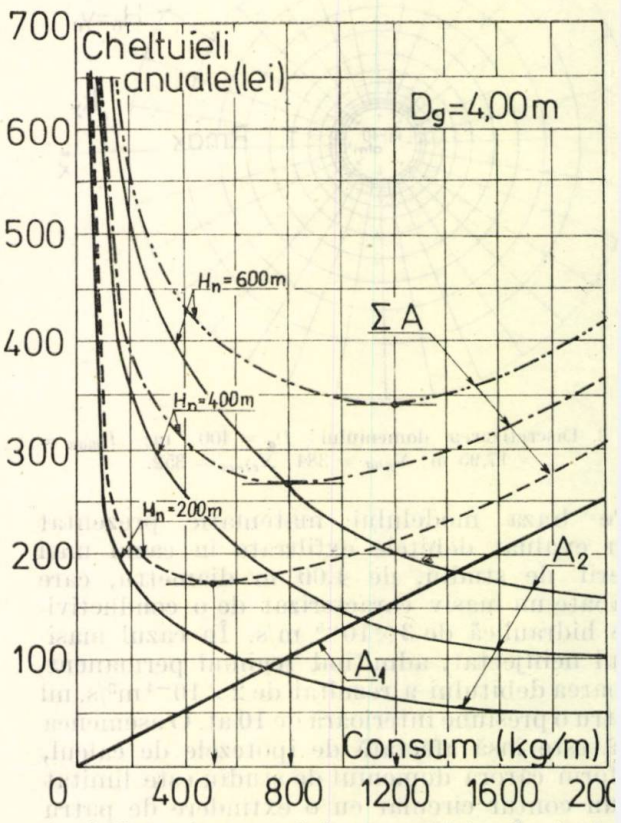


Fig. 5. Determinarea grafică a consumului optim de cim (C_{optim}) pentru diferite căderi la centrală (H_n).

Reluînd același proces de minimalizare p tru diferite valori ale presiunii de serviciu galerie și diferite căderi nete la centrală, obține graficul din figura 6, care indică con

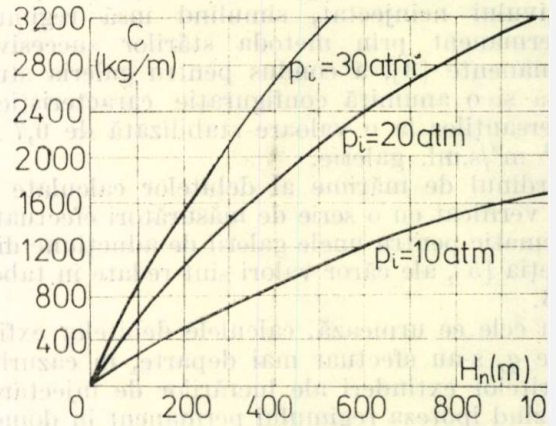


Fig. 6. Variația consumului optim cu cădere netă (H_n presiunea interioară (p_i).

murile optime de ciment, la injectare, în funcție de acești doi parametrii. Valabilitatea acestui grafic în cazul procesului de dimensionare a lucrărilor de injectare pentru impermeabilizare este limitată de situația masivelor cvasiomogene, caracterizate de permeabilități naturale relativ ridicate, de ordinul 10^{-5}... 10^{-6} m/s.

4. Concluzii

Aplicarea criteriilor energoeconomice la dimensionarea rațională a lucrărilor de injectare asigură echilibrul dintre eforturile de investiție și cîștigul energetic prin reducerea pierderilor date de debitele exfiltrate.

Metodologia prezentată în lucrare se bazează pe executarea unor tronsoane experimentale, care să furnizeze măsura cantitativă a efectelor lucrărilor de injectare și pe tararea unor modele matematice ale exfiltrației, care să poată simula gama situațiilor posibile ale regimurilor de exfiltrație corectate de injectare.

Determinarea optimului pentru lucrările de injectare trebuie să introducă ca o componentă a efectelor favorabile, pe lîngă reducerea exfiltrațiilor, și îmbunătățirea caracteristicilor de rezistență a masivului și a conlucrării cămășuială-masiv, cu implicații în reducerea cheltuielilor de realizare a cămășuielii.

Bibliografie

[1] Stănucă, D. *Contribuții la studiul conlucrării dintre cămășuiala galeriilor sub presiune și masivul stîncos.* Teză de doctorat, ICB, 1976.

[2] * * * *Referat I.S.P.H. — 1982. Determinarea principalelor caracteristici geomecanice și fundamentarea soluțiilor de susținere la aducțiunea Tău-Șugag.*

[3] Pietraru, V. *Calculul infiltrațiilor.* Ed. Ceres, 1977.

[4] Stematiu, D., Bichea, I., Dobreu, M. *Un model de evaluare a acoperirii minime pentru galeriile hidrotehnice sub presiune pe considerentul debitelor exfiltrate.* În: Hidrotehnica, nr. 4, 1983.

[5] Massur, Al. *Wirksamkeit der verfestigungsinjection des gebirges um die triebwasserdruckstallen von Wasserkraftwerken.* Proceedings of the Second Congress of the International Society for Rock Mechanics — Beograd 1970.

(Primit la 28 octombrie 1983, acceptat la 27 decembrie 1983)

Reglarea electrohidraulică a turbinei cu abur de 330 MW tip FIC 330

Ing. Marin Mihăilescu, ing. Victor Răileanu*

The 330 MW Steam Turbine Electric Hydraulic Control

(Condensed from the paper in Romanian)

The 330 MW power unit currently manufactured by the Heavy Machines Building Enterprise — IMGB — is equipped with an electric hydraulic control system, which, like the power unit, represents a technical novelty in the control units field in our country.

The application of this control system was initiated by the possibility of the information detection and treatment by electrical means and the order execution by hydraulic actuators, which assure the necessary power for the turbine control valves actuation.

For the automatic and remote turboset operation, a series of functions necessary to be solved by EHG has been defined as compulsory :

— the speed start-up and increase and maintaining constant speed within the steps imposed by the operation load;

— the slow and fast increase speed unit depending on the actual values of the limiting parameters;

— the constant speed (3000 rpm) in no-load running regardless of parameters changing within the 15—20 % range of its rated values;

— the synchronizing simulation on line and accurate speed control, in order to actually test the EHG overspeed.

The points discussed above logically impose the following control functions;

— turbine speed control while it is coupled off a system imposing its speed; in this case the speed may be changed within the 100—3400 rpm range, with an accuracy of 1%;

— the steam valves control in the IP and MP with the turbine controlling the network frequency, when the generator is coupled to a system imposing its synchronism speed.

Both HP and IP inlets may control functions of the speed and the participation to the network frequency.

The electric hydraulic conversion is carried out by the electric hydraulic converter, as it is shown in Fig. 1; this one accompanied by the other control components of a high reliability and accuracy forms an assembly, within a wide band dynamics; the modulated pressure oil, generated by the converter, drives the actuator (i.e. drives a double action servo valve, which supplies pressure oil to the high and low chambers of the actuator) which the shaft drives the control steam valves.

The loop consisting of the converter, distributor, position transducer, attenuator As and amplifier G2 is the basic circuit of the system. The sign „+" applied to the amplifier G2 input shows that all signal increases determined an opening of the control valves. We note that $h = 0$, $Pc = 0$, $e = 0$ in steady-state and then the signal which is applied to the summing amplifier is zero.

Fig. 3 shows the complete loop, which assures the control of the control valves. The differences between the HPB control loop and the IPB control loop result in the fact that the speed signal refered to the IPB controller is passed by a step.

The speed loop is made of elements which deliver a signal „U" and an accelerometer „on/off".

By the voltage which delivers in a 400 Hz frequency when the rotation speed is 3000 rpm, the PMG stimulated by the high pressure rotor has a transducer function; a frequency-voltage converter transforms the periodic signal in a continuous signal; another converter with an identical structure is driven ba a quartz oscillator; its output signals are compared and the difference is dispatched to an amplifier Gr.

The features are chosen so that only when the rotation speed is 300 rpm the voltage N is zero; thus, the (accurate and real) speed display can be only achieved by opening the contact of the Xc relay located at the speed setting output.

The connections performed by the speed circuits of all systems described lead to a general structure defined by Fig. 7.

A circuit has been located on the interaction circuit between the HP and IP valves control systems which by means of the threshold Ai allows only the closing (negative) order passage; this small step does not allow intermediate pressure inlet disturbances when there are normal dynamic variations as results of the setting variations acting upon the HP inlet.

The total regulations on the high and intermediate pressure as well as the interaction regulation may be defined having the general structure.

The hydraulic supply is performed with a pressure ranging between 25 and 30 bar. The electric supply results from a unit using an auxiliary supply source and a PMG.

The unit delivers the voltages necessary to supply the electronic circuits and relays; total consumption — equalizing assembly included — is 250 W — 220 V and 400 Hz.

The main governor interfaces act in order to remotely control its settings, establish the operation configuration for start up and operation load, connect the remote instruments, remote display.

The unit can be connected to many peripherals in order to develop and accomplish the main governor functions and to integrate it in the automation system. The design notes contain signal waves forms, impedance values, ground insulation in order to perform a correct interfacing.

The general assembly of the electric hydraulic control unit is shown in Fig. 8.

The electric hydraulic control unit must have a high reliability and long operation life, its value being a high one.

Each element is in accordance with the matters above. Thus, valve and distributor position transducers which are used for the position indication on the turbine control panel are of a differential type.

The electric hydraulic converter consists of a magnet circuit and has a moving coil inside which drives a hydraulic modulator.

The hydraulic modulator is made to prevent any jamming thus the feeding oil can have foreign particles up to 100 meters gauge (magnitude).

The permanent magnet generator is of a special manufacture. The stator is released so that the permanent magnet generator can operate in oil vapour medium.

The information processing assembly and signal control delivery is built as a slide-in chassis cabinet.

The slide-in chassis has printed boards where the professional active and passive components are located. The active components are the professional operational amplifiers currently used in professional devices. The signals in equipment relays of „low level current" type sometimes using galvanic insulation, shielding, ground connections etc. to prevent possible damages.

All the governor inputs and outputs are professional connectors, plugs, terminals in the Tuchel system.

The testing terminals placed on the printed boards of the slide-in chassis allow voltage measurement and their adjustments provide the assembly's proper operation. During the actual operation of the large steam turbine FIC 330 many complex tests have been performed on all the turbine components and control system.

* Ing. Marin Mihăilescu, ing. Victor Răileanu — Institutul de cercetare științifică și inginerie tehnologică pentru echipamente energetice.

The experience accumulated by means of remote operation rom the control room by the electric hydraulic control ystem has demonstrated that the control operation and ccuracy imposed by the drawing was fulfilled.

The tests performed demonstrate the following performan-es and characteristics of the control system :

— remote operation by an imposed program with accu-acy reliability in operation;

— start-up and acceleration at slow and fast speed within ie 40 ÷ 3400 rpm range, continuous and step by step;

ie accuracy of the control speed exceeded the rated speed y 0.2 %. The unit was controlled both by speed and load ettings;

— running at the imposed speed step (and no-load running); n this case the speed variation reached 1 % of the rated peed;

— unit control by setting (pressure, load etc.) in „locked osition"; this state of operation demonstrated the control nd locked position stability and the turboset's proper ope-ation for a long period of time;

— the configuration change, by a quick and comfortable regulation adjustement according to the control system characteristics;

— the possible connection of the control system to the purchaser's control computer.

During the whole period of operation (about 8 years) we interfered only at the hydraulic part of the electric hydraulic converter in order to face the unavoidable foreign matters in the control oil circuit.

The partial and final results obtained during the warranty measurements at TS 4 Turceni in 1981 proved a satisfactory operational compatibility between the turboset and its control system.

The whole experience accumulated, as well as the actual technology at the unit manufacture at IMGB allow the unit to be fitted out with adequate control system with similar performances.

Turboagregatul de 330 MW executat în nod curent de Intreprinderea de Mașini Grele ucurești este echipat cu o instalație de reglare ectrohidraulică, care se execută în regim e microproducție la Institutul de cercetare iințifică și inginerie tehnologică pentru echi-amente energetice.

Introducerea acestui sistem de reglare a ost generată de posibilitatea detectării și atării informațiilor pe cale electrică și exe-uția ordinelor de către servomotoare hidra-ice, care asigură puterea necesară acționării ganelor de reglare ale turbinei. În conse-nță, regulatorul elaborează, pentru comanda lmisiei aburului în turbină, un semnal de oare, care rezultă din compararea mărimii glate (viteza turbinei), cu o mărime de ferință. Servomotorul integrează acest sem-l de eroare și modifică în consecință poziția ganelor de reglare pentru a obține concor-anța mărime de referință — mărime reglată. egalitatea mărimilor de referință și reglate, mnalul de eroare devine nul.

Aceste precizări funcționale sînt redate sin-tizat în figura 1, care de fapt constituie un aj funcțional distinct din schema generală instalației de reglare.

Definirea programului instalației de reglare EH)

Pentru conducerea de la distanță și auto-ată a turboagregatului au fost definite ca ligatorii un număr de funcțiuni necesare a rezolvate de REH :

— ridicarea în turație și menținerea stabilă turației la palierele impuse de regimul de ncționare;

— ridicarea lentă și rapidă în turație, în funcție de valorile curente ale parametrilor restrictivi;

— menținerea stabilă a mersului în gol (3000 rot/min) în condițiile variației parame-trilor vitali cu 15—20% din valoarea lor nominală;

— simularea sincronizării la rețea și reglarea fină a turației, în vederea probării reale a regulatoarelor mecano-hidraulice de supra-turație.

Acest program conduce în mod logic la identificarea următoarelor funcțiuni de reglare :

— reglarea turației turbinei atîta timp cît aceasta nu este cuplată la un sistem care să-i impună turația sa; în acest caz, viteza poate fi modificată în domeniul 100 la 3400 rot/min, cu o precizie de circa 1%;

— conducerea organelor de admisie a abu-rului în corpurile de înaltă presiune (CIP) și medie presiune (CMP), cu participarea la reglarea frecvenței rețelei, atunci cînd gene-ratorul este cuplat la un sistem care-i impune turația sa de sincronism.

În funcție de alegerea admisiei, acțiunea de reglare a turației și participare la menți-nerea frecvenței, poate fi executată atît de sistemul de comandă al ventilelor la reglarea CIP, cît și de cel al CMP.

2. Sistemul de comandă a ventilelor de reglare de înaltă și medie presiune

Din figura 1 reiese că elementul care reali-zează trecerea de la suportul electric la supor-tul hidraulic, este convertorul electrohidraulic; prin intermediul acestuia se întregește sis-temul de comandă a organelor de reglare, el fiind un ansamblu cu o mare fiabilitate, care își asigură funcția sa cu precizie într-o dinamică de bandă largă; uleiul modulat, generat de

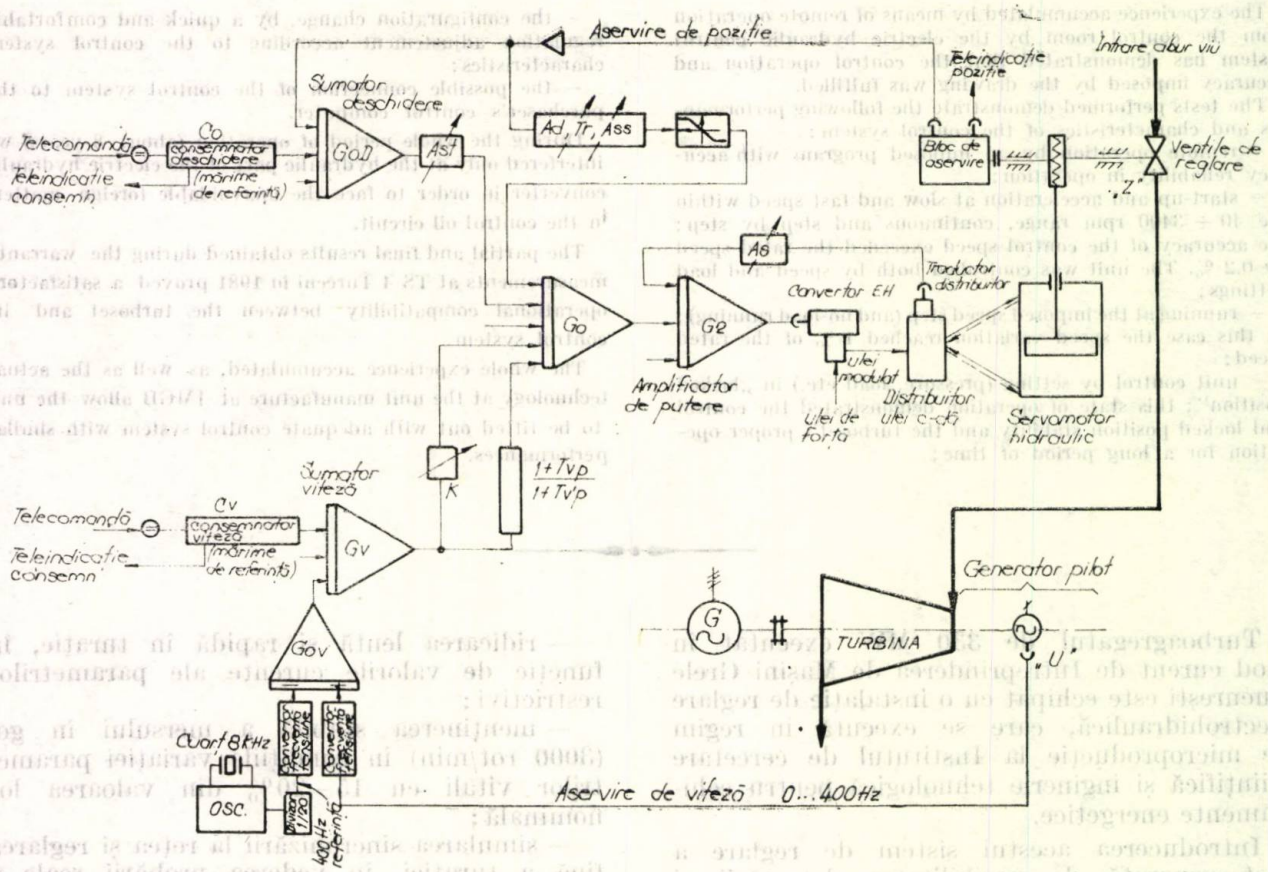


Fig. 1. Schema generală a unui etaj de reglare.

convertor, atacă servomotorul, mai precis un distribuitor cu dublu efect, care pune în comunicație circuitul de ulei de alimentare cu camera inferioară și superioară a cilindrului motor, a cărui tijă, printr-un sistem de pîrghii, cremalieră, came de aservire etc., conduce ventilele de reglare (fig. 2).

În dreptunghiul în care figurează cilindrul motor, s-a scris funcția de transfer $\frac{1}{\text{Tip}}$. Această formă arată că, în primă aproximație, cilindrul motor este un integrator pur, pentru care, în regim staționar, „h" este nul, indiferent de „Z" (poziția ventilelor de reglare), sau în alți termeni că $\frac{dz}{dt} = \frac{h}{Ti}$.

Din considerente de dinamică, o contrareacție este organizată prin controlul deplasării „h" a distribuitorului; semnalul electric este atenuat printr-un comutator As.

Bucla este constituită din convertor, distribuitor, traductorul de poziție, atenuatorul As și amplificatorul G—2 care este circuitul de bază al sistemului. Semnul „+", dispus la intrarea amplificatorului G—2, arată că toate creșterile de semnal antrenează o deschidere a ventilelor de reglare. În regim staționar $h = 0$, $Pc = 0$, $e = 0$ și prin urmare semnalul care atacă sumatorul G—2, es nul.

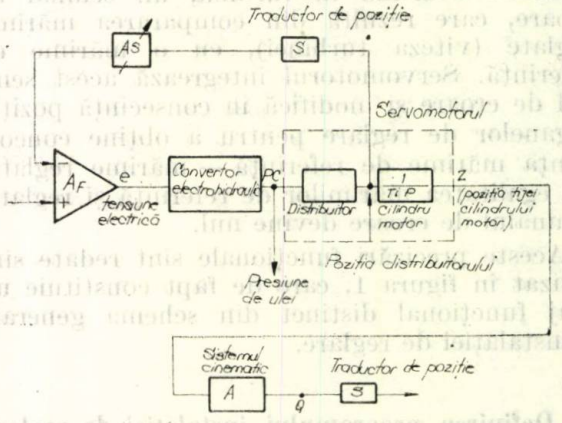


Fig. 2. Sistemul de comandă al ventilelor de reglare

În figura 3 este redată bucla comple care asigură reglajul deschiderii ventilelor reglare. Diferențele între bucla de coman a CIP și CMP sînt reliefate în schema de pr cipiu și sînt generate în special de modul care semnalul tahometric atacă amplificato rele respective.

2.1. *Circuitele de tratare a vitezei*

Ele se compun din :
— organe care elaborează semnalul U ;
— un accelerometru „tot sau nimic".

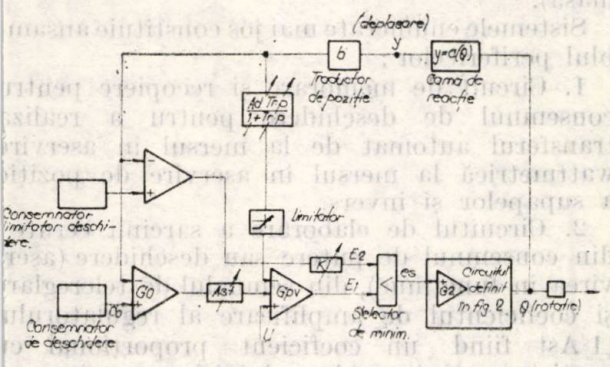


Fig. 3. Bucla de comandă a corpului de înaltă presiune.

Prin tensiunea pe care o livrează, la o frecvență egală cu 400 Hz, cînd viteza de rotație este egală cu 3000 rot/min, generatorul pilot, antrenat de rotorul de înaltă presiune, joacă rol de traductor; un convertizor de frecvență-tensiune transformă semnalul său periodic într-un semnal continuu, practic insensibil la variația tensiunii ; un alt convertizor, cu construcție identică, este pilotat de un oscilator cu cuarț; semnalele lor de ieșire sînt comparate și diferența este trimisă la un amplificator Gv (fig. 4).

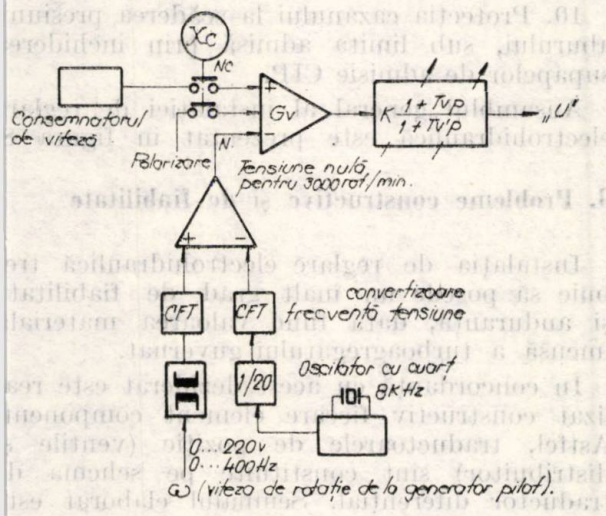


Fig. 4. Circuitul de tratare a vitezei.

Pentru a asigura stabilitatea și pentru a modela dinamica ansamblului, un circuit corector $\left(\text{cu funcția de transfer } K\,\frac{1+Tvp}{1+T'p}\right)$, permite reglajul sensibilității tahometrului prin „K" și al constantelor de timp Tv și Tv'; Tv fiind superior lui Tv' acest circuit realizează un avans de fază (acțiune derivatoare).

Accelerometrul „tot sau nimic" introduce un semnal de mare amplitudine în sistemele de comandă a supapelor prin amplificatoarele $G-2^{IP}$ și $G-2^{MP}$, cînd accelerația Γ a mașinii este importantă; notînd cu Γa accelerația măsurată în momentul 0^+ care urmează declanșării generatorului (trecere rapidă de la puterea nominală No la puterea nulă), relația între timpul de întîrziere T_σ a semnalului de ieșire față de momentul declanșării și raportul $\frac{\Gamma}{\Gamma_a}$ este definit de graficul din figura 5.

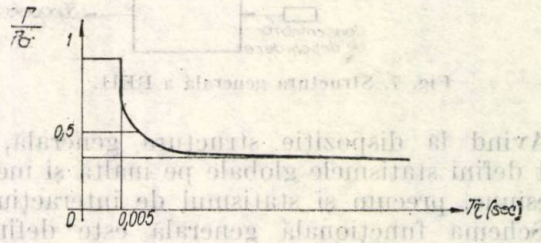


Fig. 5. T_τ în funcție de $\frac{\Gamma}{\Gamma_a}$.

Pentru o accelerație puțin mai mică decît jumătatea lui Γ_a, timpul de răspuns crește repede; această caracteristică este citeodată descrisă utilizînd noțiunea de prag, care arată că pentru $\frac{\Gamma}{\Gamma_a}$ mici accelerometrul nu funcționează; asimptota este ajustabilă după dispariția accelerației, ca urmare a închiderii supapelor, semnalul de ieșire al accelerometrului este menținut timp de două secunde (valoare ajustabilă) cu scopul de a permite circuitului de viteză să reprindă situația, adică să furnizeze ordine care să evite creșterea excesivă a vitezei; accelerometrul nu reacționează decît la creșteri de viteză; schema accelerometrului este definită în figura 6.

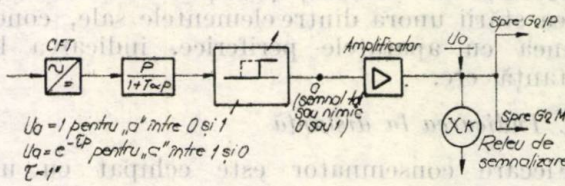


Fig. 6. Schema completă a accelerometrului.

2.2. *Sinteza*

Legătura realizată de circuitul de viteză al tuturor sistemelor descrise, conduce la structura generală definită prin figura 7.

Pe circuitul de interacțiune între sistemele de comandă a supapelor CIP și CMP s-a dispus un circuit care, prin pragul Ai, autori-

zează numai trecerea ordinelor de închidere (negative); acest prag mic permite să nu se perturbe admisia în corpul de medie presiune, în cazul variațiilor tranzitorii normale, ca urmare a variației consemnului sau al frecvenței rețelei, variații care acționează asupra admisiei IP.

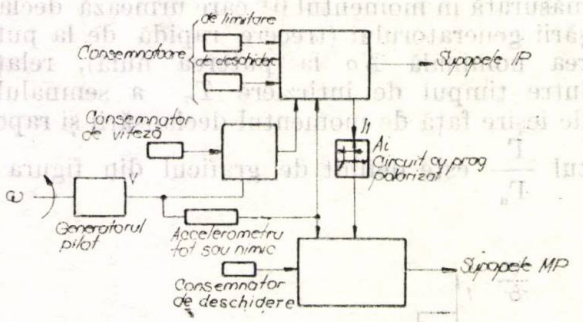


Fig. 7. Structura generală a REH.

Avînd la dispoziție structura generală, se pot defini statismele globale pe înaltă și medie presiune, precum și statismul de interacțiune.

Schema funcțională generală este definită în figurile 1 și 7.

2.3. Alimentarea

Alimentarea hidraulică este făcută cu o presiune cuprinsă între 25 și 30 de bari.

Alimentarea electrică rezultă dintr-un bloc care utilizează o sursă auxiliară (grup convertizor rotativ) și generatorul pilot.

Blocul produce tensiunile necesare alimentării circuitelor electronice și releelor interioare; consumul total — inclusiv al ansamblului de stabilizare — este egal cu 250 W la 220 V și 400 Hz.

2.4. Intrări-Ieșiri

Regulatorul de bază comunică cu exteriorul pentru: telecomanda consemnatoarelor sale, punerea în condiție a circuitelor în timpul procesului de demaraj și exploatare, cunoașterea stării unora dintre elementele sale, conexiunea cu aparatele periferice, indicarea la distanță etc.

2.5. Indicarea la distanță

Fiecare consemnator este echipat cu un potențiometru la care se poate conecta un indicator sau înregistrator.

Poziția fiecărui organ de reglare este, de asemenea, teletransmisă în camera de comandă printr-un adaptor specializat.

2.6. Perifericele

Pentru a extinde și completa funcțiunile regulatorului de bază și prin aceasta, pentru a-l integra în sistemul de automatizare a blocului, numeroase periferice îi pot fi asociate au fost luate toate măsurile care permit conectarea, în schemă fiind indicate natura și valoarea semnalelor, impedanța acestora față de masă trebuind să fie foarte mare (izolate de masă).

Sistemele enumerate mai jos constituie ansamblul perifericelor:

1. Circuit de memorare și recopiere pentru consemnul de deschidere pentru a realiza transferul automat de la mersul în aservire wattmetrică la mersul în aservire de poziție a supapelor și invers.
2. Circuitul de elaborare a sarcinii cerute din consemnul de putere sau deschidere (aservirea în funcțiune), din semnalul de telereglare și coeficientul de amplificare al regulatorului (1/Ast fiind un coeficient proporțional cu participarea primară la reglajul frecvenței).
3. Circuitul de limitare a deschiderii supapelor de admisie CIP ținînd cont de un consemn diferit de cel din regulatorul de bază.
4. Circuitul de limitare a unei mărimi oarecare legate de funcționarea grupului.
5. Circuitul pentru reglarea automată a puterii electrice produse de generator (aservirea wattmetrică) și circuitul de telereglare.
6. Circuitul de insensibilizare pentru eliminarea participării la reglarea micilor variații de frecvență ale sistemului.
7. Programarea consemnului de viteză.
8. Programarea consemnului de putere.
9. Reglarea presiunii aburului la intrare în CIP.
10. Protecția cazanului la scăderea presiunii aburului, sub limita admisă prin închidere supapelor de admisie CIP.

Ansamblul general al instalației de reglare electrohidraulică este prezentat în figura 8.

3. Probleme constructive și de fiabilitate

Instalația de reglare electrohidraulică trebuie să posede un înalt grad de fiabilitate și anduranță, dată fiind valoarea materială imensă a turboagregatului guvernat.

În concordanță cu acest deziderat este realizat constructiv fiecare element component. Astfel, traductoarele de poziție (ventile distribuitor) sînt constituite pe schema de traductor diferențial. Semnalul elaborat este de 0,9 V/mm deplasare, iar întreaga construcție este înglobată în rășină epoxidică și protejată termic, magnetic și mecanic de un corp metalic adecvat.

Convertorul electrohidraulic este constituit dintr-un cap magnetoelectric ce antrenează în mișcare un modulator hidraulic.

Modulatorul este realizat în execuție antigripantă, permițînd alimentarea cu ulei de

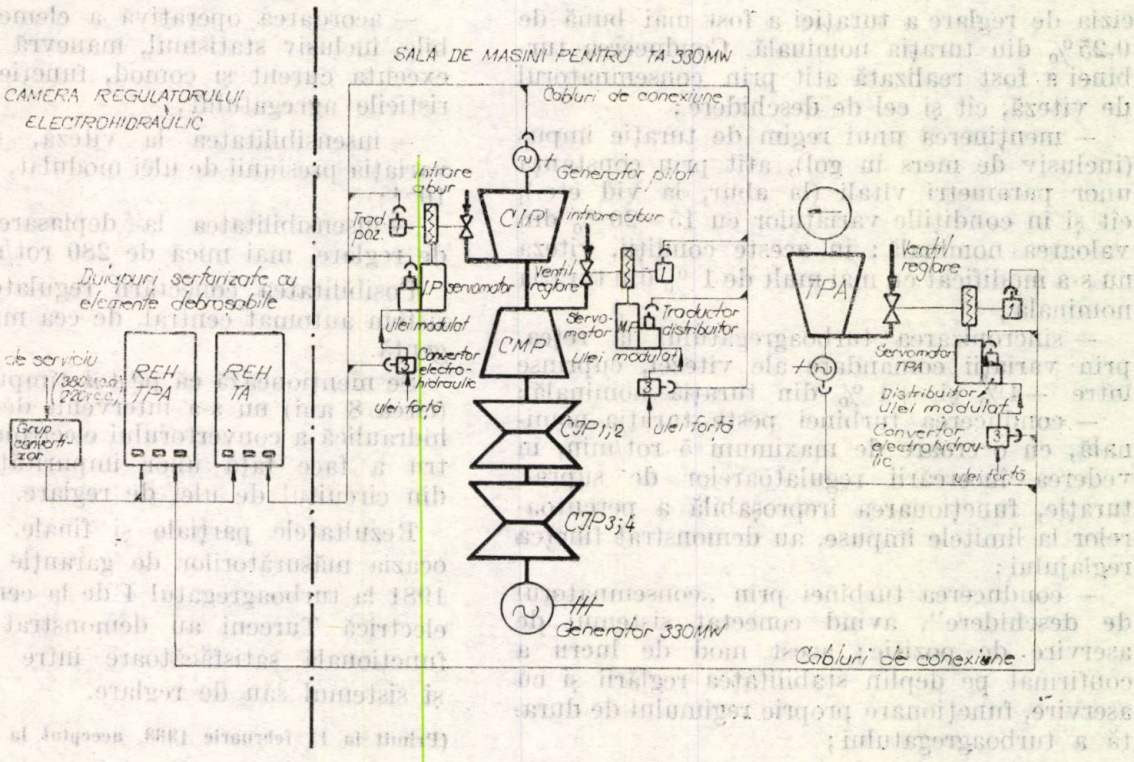


Fig. 8. Instalația de reglare electrohidraulică a turbinei cu abur F I C 330 MW.

forță, ce poate avea impurități cu dimensiuni pînă la 100 μm.

Întreaga construcție a convertorului este foarte robustă, deși unele componente admit abateri radiale de numai 2—4 μm, iar magnetoconductorul atinge în întrefier o inducție de 1,2—1,4 T.

Generatorul pilot este realizat într-o construcție specială, cu magnet permanent, cu „gheare" de rigidizare și formare a pieselor polare. Statorul este astfel realizat încît poate funcționa în mediu de vapori cu ulei.

Ansamblul de prelucrare a informațiilor și elaborarea ordinelor de comandă este realizat sub forma unui dulap sertarizat, ale cărui elemente sînt debroșabile.

Sertarele sînt echipate cu componente electronice profesionale, active și pasive. Componentele active sînt amplificatoare integrate, în schemă de amplificator operațional, utilizate curent în calculatoarele analogice.

Componentele sînt dispuse pe circuite imprimate (realizate din sticlotextolit placat), echipate cu conectoare de ieșire.

Purtătorii de semnal sînt „curenți nobili", utilizîndu-se, după caz, separația galvanică, ecranarea și alte mijloace adecvate de înlăturare a perturbațiilor sau de eliminare a unor defecte posibile.

Toate intrările și ieșirile din regulator sînt executate numai cu conectoare profesionale, cu un număr sporit de puncte de contact, după sistemul Tuchel.

Bornele de test, accesibile pe sertare, ca și punctele de test din interiorul sertarelor, permit, prin măsurarea tensiunilor, acordarea și controlul bunei funcționări a ansamblului.

4. Caracteristici, performanțe, concluzii

Trecerea în exploatare curentă a turbinei cu abur F I C 330 a fost precedată de un număr mare și complex de probe, ale tuturor elementelor ce compun turbina și sistemul de reglare electrohidraulică.

Timpul care s-a derulat de la punerea în funcțiune a primului turboagregat, în condițiile conducerii acestuia din camera de comandă, prin intermediul instalației de reglare electrohidraulică, a demonstrat funcționalitatea și precizia de reglare, impuse de proiect.

Încercările efectuate pînă în prezent au permis evidențierea unor caracteristici și performanțe ale sistemului de reglare electrohidraulică, care sînt în general următoarele:

— conducerea centralizată și de la distanță a turboagregatului după un program impus, în condiții de precizie, siguranță și operativitate;

— reproducerea unor situații de reglare continuă și limită care să conducă la afișarea unor date și curbe reprezentînd controlul de calitate al încercărilor pe stand a turbinelor;

— ridicarea în turație a turbinei — lent și rapid — în domeniul 40 rot/min—3400 rot/min, continuu sau prin paliere de stabilizare; pre-

cizia de reglare a turației a fost mai bună de 0,25% din turația nominală. Conducerea turbinei a fost realizată atît prin consemnatorul de viteză, cît și cel de deschidere;

— menținerea unui regim de turație impus (inclusiv de mers în gol), atît prin constanța unor parametri vitali (la abur, la vid etc.), cît și în condițiile variațiilor cu 15—20 % din valoarea nominală; în aceste condiții, viteza nu s-a modificat cu mai mult de 1 % din turația nominală;

— sincronizarea turboagregatului la rețea, prin variații comandate ale vitezei, cuprinse între —4% și +1 % din turația nominală;

— conducerea turbinei peste turația nominală, cu o eroare de maximum 5 rot/min, în vederea încercării regulatoarelor de suprataație, funcționarea ireproșabilă a percutoarelor la limitele impuse, au demonstrat finețea reglajului;

— conducerea turbinei prin „consemnatorul de deschidere", avînd conectat sistemul de aservire de poziție; acest mod de lucru a confirmat pe deplin stabilitatea reglării și cu aservire, funcționare proprie regimului de durată a turboagregatului;

— acordarea operativă a elementelor reglabile, inclusiv statismul, manevră ce se poate executa curent și comod, funcție de caracteristicile agregatului;

— insensibilitatea la viteză, măsurată în variația presiunii de ulei modulat, este de circa 10^{-4};

— insensibilitatea la deplasarea ventilelor de reglare, mai mică de 280 rot/min/s.

Posibilitatea conectării regulatorului la un sistem automat central, de cea mai înaltă exigență.

Se menționează că pe tot timpul exploatării (circa 8 ani) nu s-a intervenit decît în partea hidraulică a convertorului electrohidraulic pentru a face față unor impurități inevitabile din circuitul de ulei de reglare.

Rezultatele parțiale și finale, obținute cu ocazia măsurătorilor de garanție efectuate în 1981 la turboagregatul 4 de la centrala termoelectrică Turceni au demonstrat o adaptare funcțională satisfăcătoare între turboagregat și sistemul său de reglare.

(Primit la 11 februarie 1983, acceptat la 25 aprilie 1984)

Invenții — inovații*

Considerații privind perfecționarea releelor de gaze

Releul de gaze, cunoscut și sub denumirea de releu Bucholtz, reprezintă unul din aparatele cele mai răspîndite pentru protecția transformatoarelor electrice.

Se apreciază că protecția de gaze reprezintă cea mai sensibilă dintre protecțiile transformatorului, constituind în același timp protecția principală a transformatorului.

Urmare a celor arătate, preocupările privind perfecționarea tipurilor existente în exploatare sînt necesare și firești.

Referindu-ne la releele cu două flotoare, se constată că sistemul de comutație inferior cumulează două funcții, și anume:

— comanda de declanșare a transformatorului ca urmare a unei unde de ulei produsă de un defect grav de transformator;

— comanda de declanșare a transformatorului ca urmare a scăderii nivelului de ulei, produsă de neetanșeități ale cuvei transformatorului, sau ca urmare a variațiilor de temperatură.

Comulul celor două funcții pe sistemul de comutație inferior este considerat de autor ca o deficiență a actualelor tipuri de relee, deoarece scăderea nivelului de ulei din conservator ar trebui să provoace doar alarmarea și nu declanșarea transformatorului.

În vederea rezolvării acestei probleme autorul a realizat, experimentat și brevetat un releu cu trei funcții distincte prezentat în figura 1 a.

Releul se compune dintr-o carcasă 1, în interiorul căreia se găsesc montate sistemul de semnalizare 2 și sistemul de declanșare 3, alcătuit dintr-o paletă metalică cu suprafața variabilă și un resort antagonist. În partea superioară a releului, pe capacul 4 este practicată o gaură circulară „a", obturată de o membrană elastică 4, fixată etanș de capac prin intermediul unei carcase metalice 6. În centrul membranei și fixat etanș de aceasta, se află un nit metalic 7, prin care membrana poate acționa asupra butonului unui microîntrerupător basculant 8.

Membrana elastică din figura 1 poate fi înlocuită printr-un burduf flexibil, asemenea celui prezentat în figura 1 b.

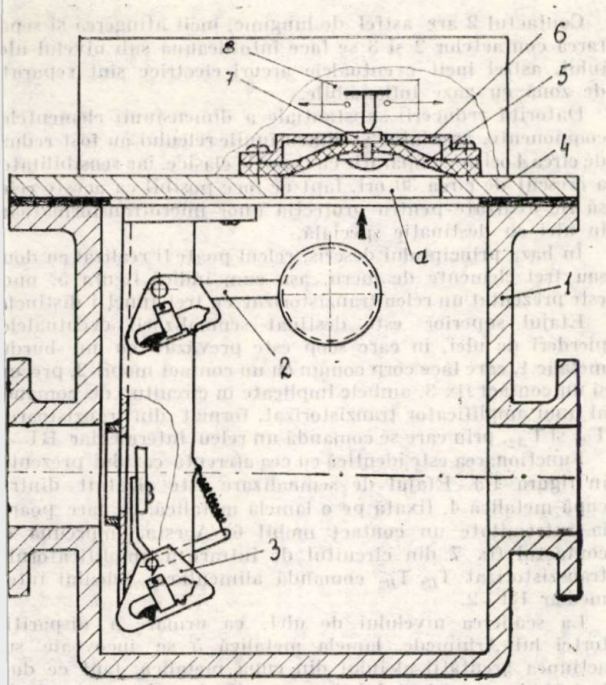
Burduful poate fi metalic sau executat din material plastic sau perbunan. Carcasa metalică 6 are rolul de a limita deformarea membranei, atunci cînd releul se montează la transformatoare cu conservatoare de capacitate mare.

La acțiunea presiunii exercitată de uleiul din interiorul conservatorului, membrana elastică sau burduful se curbează spre exterior, acționînd asupra microîntrerupătorului pe care îl deschide. Membrana sau burduful sînt astfel alese încît acționarea microîntrerupătorului să fie posibilă pînă cînd nivelul uleiului din conservator atinge cota h, indicată în figura 1 c.

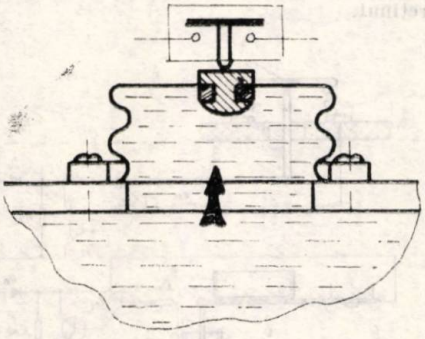
În cazul în care nivelul uleiului scade sub această cotă, presiunea exercitată asupra membranei elastice scade, fapt ce produce în final închiderea contactului normal-închis al microîntrerupătorului.

Acumulările lente de faze sau unda de ulei nu schimbă cu nimic starea inițială a membranei elastice, 5, și prin aceasta nici starea microîntrerupătorului 8, fapt de conferă releului analizat calitatea de „releu de gaze cu funcții distincte".

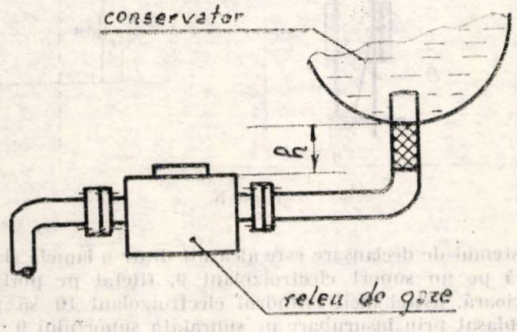
* Rubrică întocmită de ing. C. Văideanu — ICEMENERG



a)



b)



c)

Fig. 1

Consfăturile de la Galaţi, Iaşi şi Cluj privind comportarea în exploatare a echipamentelor electroenergetice au scos în evidenţă o deficienţă importantă a releelor de gaze echipate cu întrerupătoare basculante cu mercur, legată de sensibilitatea excesivă la vibraţii. Urmare a celor arătate, au fost constatate mai multe cazuri de semnalizări şi declanşări false ale transformatoarelor echipate cu astfel de relee.

În scopul eliminării deficienţei arătate, autorul a propus mai multe soluţii:

În figura 2 este propusă o soluţie de rezolvare pentru sistemul de semnalizare, în care scop de echipajul mobil 1 este fixat, prin intermediul unei cleme 2 şi al unei piese izolante 3, un contact mobil 4, care se deplasează solidar cu acesta.

Contactul fix 5, montat pe un capac electroizolant 6 este permanent imersat într-o cuvă cu ulei 7, fixată pe capacul 6.

În modul arătat, eventualele arcuri electrice ce pot apărea între contacte, sînt izolate de atmosfera cu gaze inflamabile din cuva releului. Forma contactului mobil face ca şi în eventualitatea lipsei cuvei, arcul electric stabilit între contacte să se afle sub nivelul uleiului din cuva relelui, care-l separă de atmosfera de gaz inflamabil.

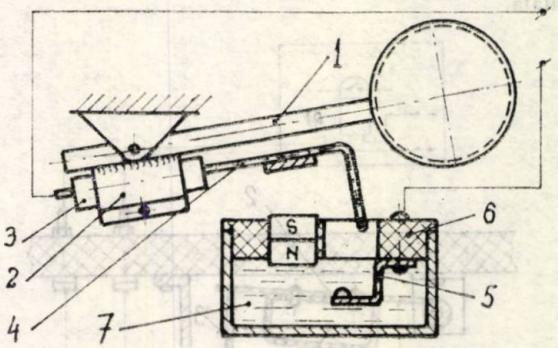


Fig. 2.

În cazul închiderii şi deschiderii sacadate a contactelor construcţia mai este prevăzută cu o lamelă feromagnetică 9 fixată pe capacul 6.

Soluţia propusă pentru sistemul cu o comutaţie-declanşare este prezentată în figura 3.

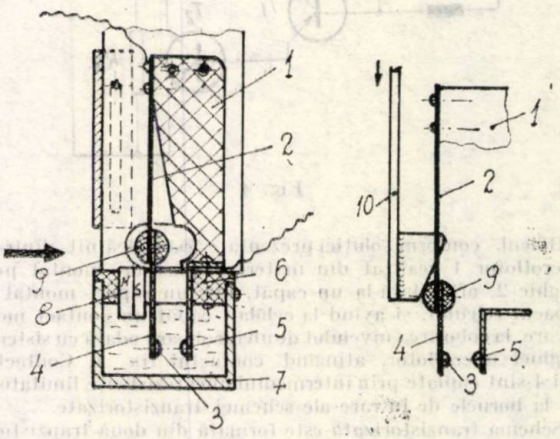


Fig. 3.

Construcţia este alcătuită dintr-un suport electroizolant 1 de care este fixată o lamelă metalică arcuită 2, aşezată în calea undei ce se formează de la cuva transformatorului spre conservator. La extremitatea inferioară lamela arcuită 2 poartă un contact mobil 3 montat pe un suport feromagnetic 4.

Contactul fix 5 este montat pe un capac electroizolant 6 şi imersat permanent într-o cuvă cu ulei care separă arcul electric stabilit între contacte de eventuala atmosferă de gaz inflamabil din interiorul releului.

Pentru a spori siguranța releului în condiții de vibrație, de capacul 6 este fixată o pastilă magnetică 8, ce menține atrasă armătura 4.

În vederea reglării sensibilității la unda de impuls, releul este prevăzut cu o paletă mobilă 8, ce diafragmează unda de ulei care ajunge la lamela arcuită 2. În vederea verificării din exterior a funcționării sistemului de declanșare deschis, de lamela elastică 2 este fixat un pinten electroizolant 9 prin care lamela este acționată din exterior cu ajutorul unei tije cu camă 10. Suportul electroizolant 1 prezintă o suprafață înclinată care limitează posibilitatea de deformare a lamelei elastice 2.

Trebuie menționat faptul că o parte din soluțiile prezentate au fost testate cu bune rezultate pe standul de probe de la Întreprinderea de contactoare Buzău și la ICPE București.

Autorii au fost preocupați și de realizarea unor relee de gaze care să poată fi montate pe transformatoare speciale cu puteri sub 10 kVA.

În figura 4, autorul propune o primă soluție pentru problema arătată.

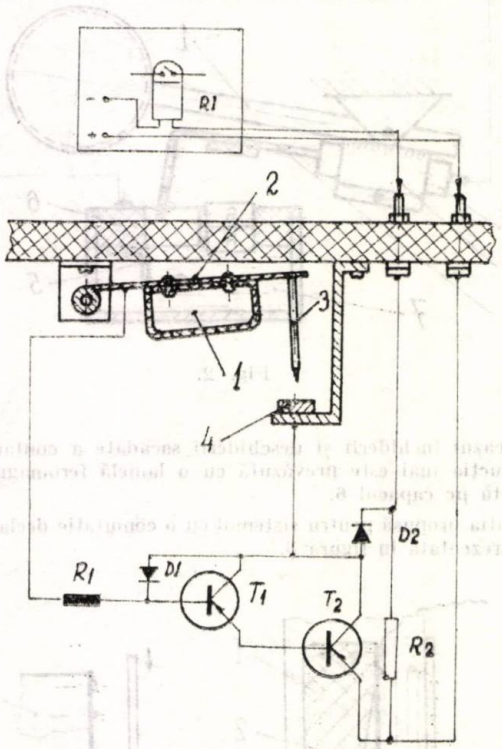


Fig. 4

Releul, conform soluției prezentate, este alcătuit dintr-un microflotor 1 realizat din materiale plastice, montat pe o pîrghie 2, articulată la un capăt, într-un suport montat pe capacul releului, și avînd la celălalt capăt un contact mobil 3, care, la coborîrea nivelului de ulei, coboară odată cu sistemul pîrghiei microflotor, atingînd contactul fix 4. Contactele 3 și 4 sînt cuplate prin intermediul unei rezistențe limitatoare R1 la bornele de intrare ale schemei tranzistorizate.

Schema tranzistorizată este formată din două tranzistoare T1 și T2, cuplate după montajul Darlington. În circuitul de colector al tranzistorului T2 este înseriat releul intermediar de semnalizare, plasat în camera de comandă. Dioda D2 servește pentru protecția schemei împotriva alimentării inverse, iar împreună cu rezistența R2 protejează tranzistoarele împotriva supratensiunilor inverse de comutație.

Contactele 3 și 4 sînt necapsulate, pentru că apariția unui arc electric între ele este exclusă din următoarele motive: contactele sînt plasate în circuitul colector-bază al tranzistorului T1 prin intermediul unei rezistențe de limitare ce reduce curentul comutat la o valoare de maximum 1 mA; la tensiunea de 24 V și curenți sub 1 mA, apariția arcului electric este exclusă.

Contactul 2 are astfel de lungime, încît atingerea și separarea contactelor 2 și 3 se face întotdeauna sub nivelul uleiului, astfel încît eventualele arcuri electrice sînt separate de zonă cu gaze inflamabile.

Datorită reducerii substanțiale a dimensiunii elementelor componente, greutatea și dimensiunile releului au fost reduse de circa 4 ori în comparație cu tipurile clasice, iar sensibilitatea a crescut de circa 30 ori, fapt ce face posibil ca aceste relee să fie utilizate pentru protecția unor microtransformatoare în ulei cu destinație specială.

În baza principiului descris, releul poate fi realizat cu două sau trei elemente de lucru, așa cum indică figura 5, unde este prezentat un releu tranzistorizat cu trei funcții distincte.

Etajul superior este destinat semnalizării eventualelor pierderi de ulei, în care scop este prevăzut cu un burduf metalic 1, care face corp comun cu un contact mobil 2, precum și un contact fix 3, ambele implicate în circuitul de comandă al unui amplificator tranzistorizat, format din tranzistoarele T_{A1} și T_{A2}, prin care se comandă un releu intermediar RI—1.

Funcționarea este identică cu cea aferentă cazului prezentat în figura 1 a. Etajul de semnalizare este alcătuit dintr-o cupă metalică 4, fixată pe o lamelă metalică, 5, care poartă la extremitate un contact mobil 6. Acesta, împreună cu contactul fix 7 din circuitul de intrare a amplificatorului tranzistorizat T_{B1} T_{B2} comandă alimentarea releului intermediar RI—2.

La scăderea nivelului de ulei, ca urmare a dispariției forței lui Arhimede, lamela metalică 5 se încovoaie sub acțiunea greutății uleiului din cupa metalică, fapt ce duce la închiderea contactului de comandă și anclanșarea releului intermediar RI—2. Se observă că în scopul izolării eventualelor arcuri electrice de atmosfera de gaz inflamabil, contactul fix 7 are formă de cupă, care realizează funcția arătată pe uleiul reținut.

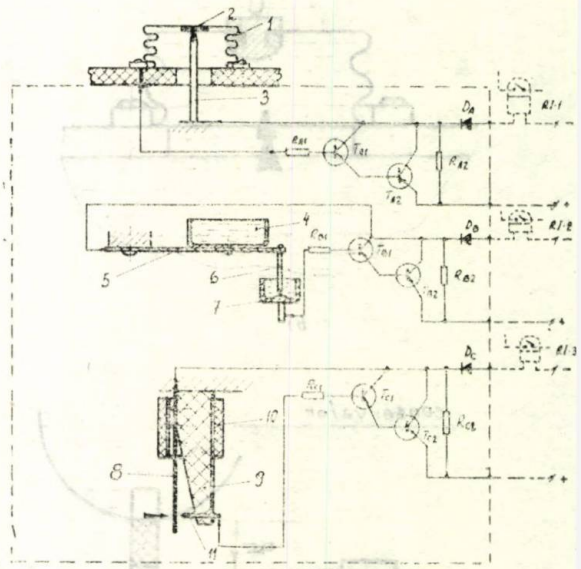


Fig. 5.

Sistemul de declanșare este alcătuit dintr-o lamelă elastică fixată pe un suport electroizolant 9, filetat pe porțiunea exterioară, astfel încît cilindrul electroizolant 10 să poată fi deplasat prin înșurubare pe suprafața suportului 9, reușind, mai mult sau mai puțin, obturarea suprafeței palei în contact cu unda de ulei. În acest fel se realizează variația sensibilității la unda de ulei.

Lamela 8 ce joacă rol de contact mobil, împreună cu contactul fix 11 realizează, prin intermediul schemei tranzistorizate T_{C1}—T_{C2} comanda anclanșării releului RI—1.

Realizarea celor trei sisteme componente ale construcției prezentate în figura 5 este caracterizată de lipsa flotoare.

În categoria releelor fără flotoare pot fi considerate releele cunoscute sub denumirea de „relee de presiune

Astfel de relee sînt destinate protecției ruptorului aferent sistemului de comutare sub sarcină a pieselor transformatoarelor, fiind montate pe conducta de legătură dintre conservator și cuva ruptorului.

Releul semnalizează apariția unei unde de ulei de la cuvă către conservator provocată de arcuri electrice apărute la operația de comutare ca urmare a uzurii contactelor, apariția fenomenului de recul la contacte, arderea rezistențelor de limitare a curenților de scurtcircuit sau cînd are loc o comutare lentă ca urmare a uzurii resoartelor comutatorului.

Relecle existente în exploatare sînt compuse, în principiu, dintr-o paletă montată în calea undei de ulei în legătură cu un sistem basculant de pîrghii și resoarte, fapt ce conferă ansamblului o fiabilitate scăzută.

În legătură cu cele arătate, autorul propune o variantă constructivă prezentată în figura 6.

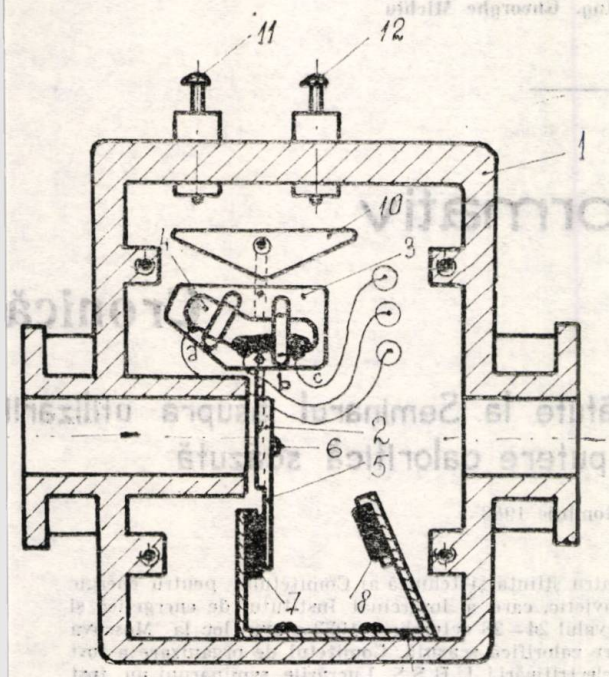


Fig. 6.

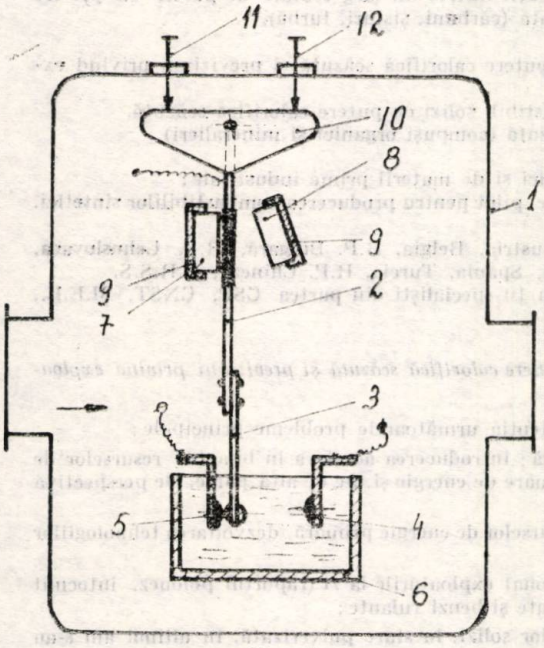


Fig. 7.

Releul, conform soluției autorului, este alcătuit dintr-o carcasă metalică turnată 1, în interiorul căreia este plasată o paletă mobilă 2 ce poate oscila în jurul unui ax fix. Pe paleta 2 este montat un suport metalic 3, pe care este fixat un întrerupător basculant cu mercur 4, prevăzut cu trei contacte a, b și c. De paleta 1 este fixată o placă 5 din material feromagnetic ce poate fi deplasată în sus și în jos, imobilizarea într-o anumită poziție realizîndu-se prin intermediul unui șurub 6. Sistemul mobil format din paleta 2 și placa 5 prezintă două poziții stabile, realizate cu ajutorul a două pastile magnetice 7 și 8, ambele fixate pe un suport 9 montat pe cuva 1 a releului. Sistemul mobil al releului poate trece dintr-o poziție în alta sub acțiunea undei de ulei sau manual, cu ajutorul butoanelor 11 și 12 ce acționează asupra unei pîrghii orizontale 10, ce face corp comun cu paleta 2.

Figura 7 prezintă o altă variantă, în care contactul basculant cu mercur a fost înlocuit cu un contact mobil 3, fixat de paleta 2, și două contacte fixe 4 și 5, montate în interiorul unei cuve metalice 6 pline cu ulei, cu destinația arătată anterior.

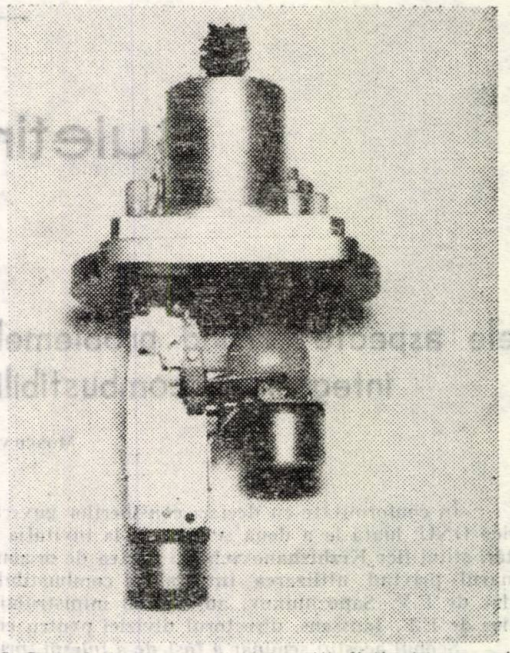


Fig. 8. Releul de gaze cu trei funcții distincte prezentat în figurile 1,2 și 3.

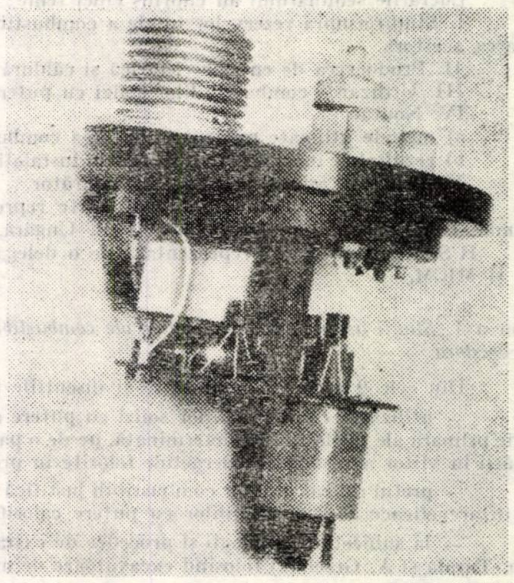


Fig. 9. Releul de gaze tranzistorizat cu trei funcții distincte prezentat în figura 5.

Concluzii

Soluțiile constructive prezentate în figurile 2 și 3 au fost experimentate și sînt în curs de asimilare la Uzina de reparat transformatoare și aparataj electric Roman.

Referitor la posibilitățile de utilizare în practică a unor relee de gaze realizate pe bază de componente electronice, autorii consideră, în urma experimentărilor făcute, că pot fi utilizate cu bune rezultate pentru transformatoare mici cu puteri sub 10 kVA, pentru puteri mai mari fiind recomandate utilizarea releelor de gaze realizate după soluțiile constructive prezentate în figurile 2 și 3.

Soluția constructivă prezentată în figura 7, este recomandată pentru realizarea unui „releu de presiune" de proveniență indigenă, în vederea eliminării importului unor astfel de relee.

Bibliografie

[1] * * * *Brevet R. S. R. Nr. 54676. Releu de gaze.*
[2] * * * *Brevet R. S. R. Nr. 66196 Releu de gaze.*
[3] * * * *Brevet R. S. R. Nr. 75652 Releu de gaze.*
[4] * * * *Brevet R. S. R. Nr. 75672 Releu de gaze.*
[5] * * * *Prospectul firmei VEB Electrotechnik und Geratebau Magdeburg.*
[6] Jezierski, Z. și colectiv. *Transformatoare electrice.* București, Editura tehnică, 1968.
[7] Farbman, S. A., Bun, A. M. *Reparația și modernizarea transformatoarelor electrice.* București, Editura tehnică, 1960.
[8] Badea, I. și colectiv. *Protecția prin relee și automatizarea sistemelor energetice.* București, Editura tehnică, 1973.

Ing. Dorel Cernomazu
Ing. Gheorghe Michiu

Buletin informativ

Cronică

Unele aspecte privind problemele dezbătute la Seminarul asupra utilizării integrale a combustibililor cu putere calorifică scăzută

Moscova, 24—28 octombrie 1983

În conformitate cu decizia consilierilor guvernamentali pentru știință și tehnică ai Comitetului pentru energie electrică ONU, luată la a doua sesiune, și la invitația guvernului sovietic, care a însărcinat Institutul de energetică și cercetări științifice Krzhizhanovschi cu partea de organizare, în intervalul 24—28 octombrie 1983 a avut loc la Moscova Seminarul privind utilizarea integrală a combustibililor cu putere calorifică scăzută. Comitetul de organizare a fost prezidat de F.V. Sapozhnikov, adjunct al ministrului energiei și electrificării i U.R.S.S. Lucrările seminaruui au fost deschise de E.F. Ianssens, directorul diviziei pentru energie a CEE.

Scopul acestui seminar a fost de a înlesni (prin referate și discuții libere) un larg schimb de păreri cu privire la utilizarea integrală a combustibililor solizi cu putere calorifică scăzută (cărbuni, șisturi, turbă).

Lucrările seminarului au cuprins cinci teme:

I. Studii asupra rezervelor totale a combustibililor solizi cu putere calorifică scăzută și previziuni privind exploatarea acestora.

II. Producerea de energie electrică și căldură folosind combustibili solizi cu putere calorifică scăzută.

III. Utilizarea combustibililor solizi cu putere calorifică scăzută (compuși organici și mineralieri).

IV. Noutăți:

a) metode utilizate pentru producerea combustibililor sintetici și de materii prime industriale;

b) rezultatele încercărilor efectuate în instalații semiindustriale pilot pentru producerea combustibililor sintetici.

V. Impactul asupra mediului înconjurător.

La lucrările seminarului au luat parte reprezentanți din Austria, Belgia, R.P. Bulgară, R.S. Cehoslovacă, Finlanda, R.D.G., R.F.G., R.P. Polonă., R.P. Ungară, R.S. România, Spania, Turcia, R.P. Chineză, U.R.S.S.

R.S. România a fost reprezentată de o delegație formată din 10 specialiști din partea CSP, CNST, M.E.E., M.M. și MICM.

T e m a I. *Studii asupra rezervelor totale ale combustibililor solizi cu putere calorifică scăzută și previziuni privind exploatarea acestora*

Din cele 9 rapoarte prezentate și discuțiile purtate reținatenția următoarele probleme principale:

— utilizarea combustibililor solizi cu putere calorifică scăzută: introducerea acestora în bilanțul resurselor de energie primară ale țărilor a fost determinată, pe de o parte, de cererea mare de energie și, pe de altă parte, de perspectiva epuizării în viitor a resurselor energetice folosite în prezent;

— prețul ridicat al unor combustibili justifică diversificarea surselor de energie primară, dezvoltarea tehnologiilor de utilizare eficace a combustibililor cu putere calorifică scăzută;

— la subiectul tehnologii și procedee de extracție s-au menționat exploatările la zi (raportul polonez, întocmit de Ch. Turala și A. Grzeliak) folosind excavatoare de mare productivitate și benzi rulante;

— în afara procedeelor obișnuite de utilizare a combustibililor solizi, în stare pulverizată, în ultimii ani s-au remarcat tehnologii noi, ca, de exemplu, arderea în pat fluidizat;

— necesitatea punerii la punct a unui program de calcul pentru evaluarea și compararea rezervelor naționale ale combustibililor din fiecare țară, din punctul de vedere al utilizării totale a tuturor surselor de energie primară, înțelegînd prin acestea și șisturile bituminoase și turbele.

Reprezentantul U.R.S.S. a informat că Uniunea Sovietică a elaborat un program vast în acest domeniu, precum și pentru dezvoltarea tehnologiilor noi, eficace.

Un interes deosebit a suscitat raportul cehoslovac, prezentat de I. Bobák și S. Malik, referitor la utilizarea combustibililor cu putere calorifică scăzută, în care s-a dezvoltat modul de ardere în pat fluidizat în două variante de concepție:

● cu gazeificarea cărbunelui în pat fluidizat într-un reactor înaintea cazanului; produsele rezultate conținînd CO, H_2 și hidrocarburi, precum și resturi solide sînt arse în camera de combustie în prezența aerului secundar (tehnica denumită DUKLAFLUID, aplicată pentru cazane de 1 — 40 t/h, putînd atinge capacități de 160 t/h);

● cu arderea în pat fluidizat într-o singură fază (25 t/h la centrale termice).

S-au reținut următoarele avantaje ale arderii în pat fluidizat:

— posibilitatea de utilizare economică a acelor combustibili solizi, care nu ar putea fi folosiți în instalații de ardere de tip clasic;

— posibilitatea de reducere a emisiilor de SO_x;

— eliminarea totală a formației de NO_x;

— aplicabilitatea la o gamă largă de capacități de cazane;

— posibilitatea de înlocuire a combustibililor lichizi și cărbuni de calitate superioară la cazanele vechi, care devin astfel refolosibile;

— eliminarea eficace a deșeurilor combustibile;

— posibilitatea de a se instala în centrale cazane utilizînd cărbuni inferiori pentru producerea de energie electrică și căldură.

T e m a a II-a. *Producția de energie electrică și căldură, folosind combustibili solizi cu putere calorifică scăzută*

S-au prezentat 10 referate (R.S. Cehoslovacă, R.P. Polonă. R.P. Bulgaria, U.R.S.S., Finlanda). În cadrul acestei teme delegația română a prezentat un referat, suplimentar ordinei de zi, din partea M.E.E., referitor la unele aspecte în utilizarea cărbunilor inferiori și a șisturilor bituminoase în R.S. România.

Delegatul R.P. Bulgaria, A.K. Gheorghiev, a scos în evidență cîteva probleme deosebite în legătură cu această temă, și anume:

— combustibilii lichizi și gazoși, cu toate că au oferit avantaje considerabile în producerea energiei electrice și termice, nu mai pot fi utilizați, deoarece se știe că resursele de petrol se vor reduce la zero în următorii 30—40 ani;

— guvernele care au înțeles această situație s-au văzut obligate să schimbe politica energetică și acordă un interes deosebit tuturor resurselor naționale de energie primară și dezvoltării tehnicilor noi, care vor permite utilizarea cu eficiență economică ridicată a combustibililor solizi cu putere calorifică scăzută, a deșeurilor industriale, a șisturilor bituminoase, precum și extragerii intensive a substanțelor necesare industriei chimice;

— în cadrul rapoartelor s-au menționat numeroase termocentrale, construite recent sau în stadiu de execuție în R.P. Bulgaria, R.S. Cehoslovacă, Grecia, R.F. Germania, Finlanda, R.S. România și U.R.S.S., destinate folosirii acestor combustibili;

— tehnologiile noi au în vedere proprietățile fizice inferioare ale acestor combustibili (conținutul mare de apă, sulf, materii minerale etc.), din care cauză rezultă dificultăți mari de manipulare, stocare, concasare și ardere.

Dintre rapoartele prezentate în cadrul acestei teme se menționează următoarele:

a. Cercetări și comercializarea cazanelor funcționînd cu cărbune de putere calorifică scăzută, cu ardere în pat fluidizat (Finlanda). Acest sistem de ardere a cărbunilor este folosit în Finlanda la nivel industrial, din anul 1970, și s-a extins la arderea deșeurilor. S-au realizat 22 centrale echipate cu cazane cu ardere în pat fluidizat. În prezent este în construcție un cazan de 30 t/h.

Finlanda a exportat asemenea cazane în Franța, Austria, S.U.A.

b. Cazane în pat fluidizat; cercetări și experiențe (autor: Z. Sutkowski — Polonia), expune activitatea Departamentului polonez al minelor în domeniul noilor metode de utilizare a cărbunilor inferiori, în particular pentru cazane cu ardere în pat fluidizat.

Cercetările și experimentările făcute pînă în prezent în industria minieră de întreprinderea ENERGOMONTAZ au dus la punerea în funcțiune a următoarelor instalații:

— un cazan de abur pilot cu ardere în pat fluidizat, în anul 1978;

— un cazan experimental pentru o putere de 12 MW în 1981, la care se fac cercetări și experiențe;

— o instalație de uscare a cărbunelui în pat fluidizat.

c. Probleme privind prepararea cărbunelui de calitate inferioară în termocentrale (autor: N. Kh. Todoriev ș.a. — Bulgaria), atrage atenția prin următoarele idei principale:

— necesitatea obținerii unui combustibil de calitate regulată folosind depozite de omogenizare;

— folosirea configurației hiperbolice pentru buncărele destinate să stocheze cărbuni bogați în argilă;

— prevederea de mori care să asigure finețea necesară și să elibereze părțile metalice.

d. Rezultate experimentale, particularități și randamente în utilizarea combustibililor solizi cu putere calorifică scăzută în termocentralele din U.R.S.S. (autori: V.L. Marchak și I.I. Volkov — U.R.S.S.).

Raportul arată că în U.R.S.S. se găsesc combustibili solizi cu putere calorifică scăzută: ligniți în bazinul Kansk —Atchinsk, care a atins o dezvoltare mare în ultimi ani, huile cu multă cenușă în bazinul Ekibastouz, antracit pulverulent, pirosisturi, turbe și ligniți din bazinul Moscova.

Autorii au prezentat concepția unor cazane fabricate în U.R.S.S. precum P—57 1650 t/h pentru grupul de 500 MW folosind huilă de Ekibastouz cu conținut mare de cenușă; TP—108 în două corpuri pentru grupul de 200 MW folosind turbă și P—67 pentru grupul de 800 MW folosind ligniți de Beriozoskoie din bazinul Kansk—Atchinsk. De asemenea, s-a subliniat atenția deosebită acordată arderii ligniților din bazinul Kansk—Atchinsk, care, deși au cenușă puțină, conțin un procent ridicat (pînă la 60 %) de CaO — putere calorică 3300 — 3400 kcal/kg.

e. Probleme puse de arderea combustibililor cu conținut mare de cenușă (autori: M.M. Belyaev și A.P. Finiyaguine — U.R.S.S.).

Raportul arată că marea majoritate a combustibililor solizi de care dispune omenirea conține între 15—30 % cenușă, ceea ce provoacă dificultăți la ardere, cenușa formînd o anvelopă inertă care împiedică arderea. Evitarea acestor

aglomerări de cenușă se poate realiza prin instalații de ardere în pat fluidizat, care asigură o mare densitate de pătrundere a căldurii.

În încheierea lucrărilor temei a II-a s-au tras următoarele concluzii:

— folosirea combustibililor cu putere calorifică scăzută prezintă dificultăți care trebuie semnalate:

● la gospodăria de cărbune (transport, ancrasarea benzilor, eroziuni);

● în procesul de ardere (stabilitatea flăcării, zgurificarea, lipsă de elasticitate în regimul de sarcină, optimizarea amestecului aer-gaz-combustibil);

● protecția mediului înconjurător (poluarea atmosferei, depozitele de cenușă);

— s-au reținut comparațiile utile între diferitele moduri de ardere în cazan: arderea directă a cărbunelui pulverizat, cazane cu cicloane, cazane în pat fluidizat;

— tehnica de ardere în pat fluidizat permite să se reducă poluarea mediului înconjurător;

— există domenii care oferă posibilități de cooperare între țările membre CEE, și anume:

● experiența de utilizare a combustibililor cu putere calorifică scăzută (mai mică de 9 MJ/kg) în centrale clasice, lucrări necesare, metode de stabilizare a arderii;

● sisteme de preparare și de ardere a combustibililor, la care calitatea variază rapid;

● tehnologii avansate de folosire a combustibililor solizi cu putere calorifică scăzută din punctul de vedere al reducerii poluării.

Tema a III — a. *Utilizarea integrală a combustibililor solizi cu putere calorică redusă (compuși organici și minerali) (17 rapoarte)*

S-a arătat că după criza mondială a energiei a crescut interesul pentru utilizarea integrală a combustibililor solizi, atît ca sursă de energie, cît și ca materii prime pentru industria chimică, agricultură, construcții.

S-au reținut următoarele probleme:

— utilizarea integrală a combustibililor cu putere calorifică scăzută contribuie la reducerea deșeurilor și a poluării;

— folosirea combustibililor solizi prin procedeul pirolizei pentru obținerea de produse aromatice, derivate de gudron, precum și alte produse utile (acid sulfuric și nitric) și chiar și metale. Dintre produsele rezultate atrag atenția: gudronul, gazul și semicoxul;

— rezultatele obținute în domeniul ciclurilor magnetohidrodinamice, care combinate cu piroliza oferă importante posibilități de utilizare integrală a combustibililor cu putere calorifică scăzută;

— utilizarea integrală a șisturilor prin procedeul pirolizei poate duce la obținerea de produse de calitate superioară celor obținute din cărbune (exemplu șisturi din U.R.S.S.). De asemenea, cenușa de șist poate fi folosită ca materie primă pentru producerea cimentului și a materialelor de construcție;

— utilizarea integrală a turbei are o importanță deosebită în U.R.S.S. și în Finlanda, rezultatele cercetărilor arătînd posibilitatea de utilizare totală a acestui combustibil pentru producerea de energie electrică, căldură, îngrășăminte proteine, medicamente, diverse materiale plastice și materii izolante.

Din examinarea materialelor temei a III-a se desprind următoarele concluzii cu privire la utilizarea integrală a combustibililor solizi cu putere calorifică scăzută:

— duce la economii în exploatare și la creșterea randamentelor;

— reduce cantitatea de deșeuri și poluarea și se pot produce substanțe chimice utile;

— una din tehnologiile cele mai promițătoare este producerea de energie și utilizarea conținutului mineral pentru producerea de materiale de construcție, îngrășăminte, produse chimice etc. cu randamente bune și costuri reduse;

— prin procedeul pirolizei se poate obține gudronul, produs de valoare, cu avantaje evidente comparativ cu metodele clasice.

Tema a IV — a. *Noutăți*

a. Metode utilizate pentru producerea combustibililor sintetici și a materiilor prime industriale

b. Rezultatele încercărilor efectuate în instalațiile semiindustriale pilot pentru producerea combustibililor sintetici

S-au prezentat 20 rapoarte, în cadrul cărora s-au abordat următoarele probleme principale:

— posibilități tehnice și interesul economic al gazeificării cărbunilor de calitate scăzută;

— diferite procedee de piroliză, piroliză și hidrogenare combinată și hidrogenare;

— producerea de cocs din lignit;

— producerea de ceară.

În legătură cu gazeificarea s-au formulat următoarele constatări:

— gazeificarea cărbunilor bogați în substanțe minerale este o tendință importantă în utilizarea combustibililor, deoarece înlocuirea în industrie a cărbunilor cu gaze permite intensificarea proceselor tehnologice, creșterea productivității muncii, ameliorarea condițiilor de lucru, reducerea poluării;

— utilizarea pentru gazeificare a combustibililor cu putere calorifică scăzută și conținut mare de cenușă este o tehnică promițătoare;

— gazeificarea elimină o serie de dificultăți legate direct de procesul arderii (aprinderea, arderea incompletă, conținutul în cenușă, eroziunea și coroziunea suprafețelor de schimb de căldură etc.);

— costul gazeificării cărbunilor depinde de tipul cărbunelui, de dimensiunile particulelor, de conținutul în substanțe minerale, de proprietățile fizico-chimice, de construcția gazogenului, de produsele solicitate etc.;

— s-au scos în evidență numeroase metode tehnice de gazeificare, care se caracterizează prin parametrii:

● presiune: la presiune atmosferică sau cu suprapresiune;

● temperatură: mijlocie sau ridicate;

● caracteristici constructive: pat fix, pat fluidizat, cu circulație continuă, gazogen cu cicloane etc.;

● gazul injectat: abur-aer, oxigen-abur etc.

În legătură cu piroliza și hidrogenarea s-a arătat că piroliza simplă folosită în marile complexe petrochimice era o metodă eficace pentru transformarea cărbunilor de putere calorifică slabă în combustibili lichizi și gazoși și în produse chimice. Acest procedeu are randament ridicat (75—80 %) și permite extinderea acestei utilizări și pentru obținerea de energie electrică, căldură, produse chimice importante (fenoli, hidrocarburi aromatici etc.).

În cadrul acestor comunicări s-au evidențiat:

a) proiectul de recuperare a căldurii din zgură prin injectarea zgurei în cărbunele brut înainte de a se alimenta camera de combustie (combinația cazan cu pat fludizat — pirolizor pe cărbune folosind căldura din zgură — Polonia);

b) procedeul de hidrogenare a amestecului cărbunelui prin injectarea hidrogenului sub presiune la 10 MPa în prezența unui catalizator (molibden, sulf);

c) procedeul de hidrogenopiroliză pe baza rezultatelor obținute în laborator și într-o instalație pilot de 200kg/h (proiect INIEX — CYPRES — Belgia).

Acesta se compune dintr-un reactor, care permite tratarea cărbunelui sub presiunea hidrogenului între 0,1 și 0,5 MPa pînă la 180°C. Se obțin: semicocs, subproduse lichide și gaz. Acest procedeu a permis transformarea unei unități de masă organică în 60% semicocs, 30 % gaz (CH_4) și 10 % produse lichide.

Din materialele prezentate se desprind următoarele concluzii:

— combustibilii cu putere redusă pot fi folosiți cu eficiență în procesele termice integrale prin transformarea masei organice în gaz de calitate, combustibili solizi și produse chimice;

— pentru a adopta gazeificarea la producerea de electricitate trebuie construite gazogene de mare capacitate (peste 100 000 Nm^3/h);

— hidrogenopiroliza este o soluție căreia trebuie să i se acorde o atenție specială în producerea combustibililor;

— într-un cadru de studiu internațional ar trebui definită o metodă unitară de analiză economică a diferitelor procedee.

Tema a V-a. *Impactul asupra zonelor învecinate*

S-au prezentat 8 rapoarte (Polonia, R.D.G., U.R.S.S.), în cadrul cărora au fost abordate următoarele probleme:

— efectele utilizării combustibililor cu putere calorifică asupra zonelor învecinate constituie încă o problemă nerezolvată, iar metodele folosite pentru a evita aceste efecte pot fi considerate ca rudimentare;

— redarea în circuitul productiv a terenurilor rezultate după extragerea la zi a cărbunilor;

— tratarea gazelor nocive (în special SO_x);

● prin curățirea pe cale fizică a cărbunelui, ceea ce permite obținerea unui combustibil cu putere calorifică mai mare și cenușă mai puțină prin diminuarea cu 20—40 % a conținutului de sulf piritic;

● limitarea formării emisiilor de compuși sulfuroși în timpul arderii prin reacție cu un absorbant (injector de var pe patul fluidizat);

● reținerea sulfului prin formarea, în zona de ardere, a unor compuși stabili ($CaSo_4$), folosind CaO, $CaCO_3$ sau $Ca(OH)_2$;

● reducerea conținutului de sulf din gazele de ardere;

— pentru cenușa zburătoare se utilizează o gamă de instalații suficient de eficace pentru reducerea concentrației (filtre electrostatice, filtre textile etc.), ceea ce elimină pînă la 99% din cenușă;

— un nou procedeu de ardere (aflat în studiu) cu producerea unei cantități mai mici de deșeuri constă în transformarea în cazan, în timpul arderii, a fracțiunii minerale din cărbune prin extragerea zgurelor lichide.

Recomandări generale

Pentru a se promova cercetările și experiența pozitivă, prin cooperare între țările membre CEE, în domeniul folosirii combustibililor cu putere calorifică scăzută s-au reținut următoarele recomandări generale:

1/ formarea unui grup de experți care sub auspiciile consilierilor pentru știință și tehnică ai CEE, să studieze problemele principale ale folosirii combustibililor cu putere calorifică scăzută, pentru producerea de energie, precum și de materii prime pentru industria chimică;

2/ întreprinderea de studii în cîteva domenii prioritare, bine stabilite, pentru a se evalua implicațiile social-economice ale aplicării tehnicilor actuale de utilizare integrală a combustibililor cu putere calorifică scăzută.

Ing. Romeo Zbarcea — ISPE

Recenzii

N ALEXANDROV, L.L. PETERSON. **roiectarea liniilor de transport al ener-i electrice de foarte înaltă tensiune,** nergoatomizdat, Leningrad, 1983, 336 p.

Lucrările în domeniul tehnicii tensiu-lor înalte ale prof. G. N. Alexandrov și e colaboratorilor săi se referă la un dome-u larg de preocupări, cu importante con-ibuții originale. Cartea menționată mai s reprezintă, în bună parte, o sinteză o generalizare ale acestor lucrări.

Lucrarea „Proiectarea liniilor de trans-rt al energiei electrice de foarte înaltă nsiune" cuprinde opt capitole și șapte exe.

Primul capitol se referă la schemele, gimurile de funcționare și capacitatea transport a liniilor de foarte înaltă ten-siune. Într-o formă succintă se prezintă sistemul unic din U. R. S. S. dezvoltarea rețelelor de 330—500 kV, precum și a rețelelor de 750 și 1150 kV. Tot în cadrul acestui capitol se analizează alegerea treptei de tensiune superioare tensiunii de 1150 kV, regimurile de funcționare a liniilor de transport din U. R. S. S., posibilități de a crește capacitatea de transport a acestor linii. Ultima parte a capitolului se referă la schemele și caracteristicile echipamentului de bază al stațiilor electrice.

În capitolul doi se tratează în circa 55 pagini, supratensiunile interne și anume: supratensiunile evasistaționare, supratensiuni de comutație, determinarea valorii probabile ale supratensiunilor interne. Tot în cadrul acestui capitol se analizează succint modalitățile de reducere a supratensiunilor.

În ultima parte a capitolului doi se prezintă reanclanșarea automată, repetată și trifazată, a liniilor de înaltă tensiune.

În capitolul trei se analizează condițiile de funcționare a liniilor de transport al energiei electrice. Se prezintă condițiile climaterice și manifestările atmosferice care influențează LEA, poluarea izolației, oscilațiile conductoarelor liniei aeriene, descărcarea corona și pierderile prin descărcarea corona, perturbațiile radioelectrice, influența intensității cîmpului electric. Capitolul cuprinde o serie de contribuții originale ale lui G. N. Alexandrov privind poluarea izolatoarelor și descărcarea corona.

Capitolul al patrulea se referă la conductoarele liniilor electrice de foarte înaltă tensiune, și anume: construcția conductoarelor și caracteristicile lor mecanice și electrice, repartiția intensității cîmpului

electric la suprafața conductoarelor formulate și determinarea tensiunii critice a descărcării corona, optimizarea alegerii secțiunii conductoarelor, a construcției unei faze, precum și a razei de simulare. În ultima parte a capitolului se dau elemente de calcul mecanic al conductoarelor. Capitolul patru are un număr mic de pagini (circa 35), dar cuprinde elementele de calcul necesare și o serie de contribuții originale ale autorilor. În capitolul al cincilea, unul din cele mai importante ale cărții, se studiază izolația liniilor de foarte înaltă tensiune, referindu-se la repartiția tensiunii de-a lungul unui lanț de izolatoare, caracteristicile rigidității dielectrice ale intervalelor izolante de aer la tensiuni de frecvență industrială, la supratensiuni atmosferice. Totodată, se analizează izolația liniilor de foarte înaltă tensiune din punctul de vedere al poluării izolației. De menționat că practic întregul capitol cuprinde contribuții originale ale lui G. N. Alexandrov și ale colaboratorilor săi, deosebit de interesante și de utile.

Capitolul al șaselea cuprinde elementele necesare privind modul de montare a conductoarelor și a lanțurilor de izolatoare, respectiv : stabilitatea conductoarelor jumelate, fiabilitatea sistemului de prindere a conductoarelor de consolă, elementele de susținere, mijloace de reducere a oscilațiilor conductoarelor. Și în cadrul acestui capitol se prezintă soluții inedite.

În capitolul al șaptelea se tratează partea constructivă și de montare a liniilor aeriene, cum ar fi : solicitările mecanice ale stîlpilor, metodele de calcul al stîlpilor și al fundațiilor etc. Se prezintă, de asemenea, unele tipuri speciale de stîlpi.

În ultimul capitol, al optulea, se analizează indicii tehnico-economici ai liniilor de foarte înaltă tensiune, precum și optimizarea parametrilor acestor linii (criteriile și metodele de optimizare, alegerea tensiunii nominale etc.).

După cum s-a menționat, cartea cuprinde un număr de anexe (condițiile meteorologice din U. R. S. S., caracteristicile conductoarelor, calculul optimizării jumelării conductoarelor etc.), care dau o serie de date și informații utile.

Cartea, scrisă la un înalt nivel, cu numeroase contribuții originale, prezentînd, totodată, ultimele tendințe în soluționarea problemelor complexe privind liniile aeriene de foarte înaltă tensiune, reprezintă o lucrare deosebit de valoroasă și de utilă.

Prof. dr. ing. G. Drăgan
Institutul Politehnic București

REIF, F. **Fizică Statistică, Cursul de fizică Berckeley, volumul V.** Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983, 399 pag. (REIF, F. profesor of phisics, University of California, Berckeley, **Statistical Phisics, Berckeley Phisics Course, Volume 5,** 399 pag).

Cu acest ultim volum se încheie publicarea, în limba română a cursului de fizică elaborat de specialiștii Universității Berckeley din California, U. S. A.

În succesiunea problematicii expuse în volumele precedente, Fizica Statistică își precizează drept domeniu de investigare sistemele mari, avînd alcătuirea din mulțimi de atomi sau molecule. Cunoștințele ce urmează a fi asimilate includ mecanica statistică, teoria cinetico-moleculară, termodinamica și teoria căldurii.

Volumul V al Cursului de fizică Berckeley cuprinde opt capitole : 1. Trăsăturile caracteristice ale sistemelor macroscopice ; 2. Concepte probabilistice de bază ; 3. Descrierea statistică a sistemelor de particule ; 4. Interacția termică ; 5. Teoria macroscopică și măsurători macroscopice ; 6. Distribuția canonică în aproximație clasică ; 7. Interacția termodinamică generală ; 8. Teoria cinetică elementară a proceselor de transport. De asemenea, pentru rememorarea unor elemente de fizică-matematică, cursul include și un capitol separat de anexe referitoare la informații cum ar fi, spre exemplu, distribuția gaussiană, distribuția Poisson, mărimea fluctuațiilor energiei și ciocnirea moleculelor și presiunea într-un gaz etc. În încheiere sînt date o sumă de note matematice destinate tot pentru rememorarea și precizarea unor noțiuni cu care se operează pe parcursul celor opt capitole.

Ing. Alex. Forje — ICEMENERG
Ing. T. Cîrstea — Universitatea Brașov

MINODORA LECA, A. LECA **Aditivarea lichidelor, soluție modernă de economisire a energiei.** Editura tehnică, București, 1982, 128 p.

În tehnica actuală, curgerea lichidelor prin conducte sau canale constituie un procedeu deosebit de economic de transport la distanță al mediilor lichide și uneori solide (sub formă de suspensii în lichide cu un domeniu de folosire variat și în continuă extindere. Vehicularea lichidelor prin sistemele de conducte necesită, însă, un consum corespunzător de energie pentru învingerea rezistențelor hidraulice lineare, consum care, în funcție de natura și proprietățile fizice ale lichidului tra portat și de destinația conductei, se poa ridica la valori foarte importante.

În contextul actualei crize energeti reducerea consumului de energie cons tuie o problemă vitală pentru dezvol rea economică și socială prezentă și perspectivă. Acest fapt a condus la inte sificarea considerabilă a cercetărilor p vind metodele de micșorare a consumu de energie, între care introducerea adi vilor pentru reducerea pierderilor de p siune la curgerea lichidelor reprezintă preocupare tehnică remarcabilă în ul mele două decenii.

În lucrarea recenzată autorii, cad didactice la Institutul politehnic Bucureşti, expun, într-o manieră sisten tică și unitară, elementele de bază acestui nou procedeu tehnic, de la fe menul fizic la aplicațiile practice, precu și experiența și rezultatele cercetări personale efectuate pe parcursul a ș ani asupra acestei probleme cu carac interdisciplinar.

Cititorii revistei Energetica sînt curent cu cercetările efectuate de aut asupra efectului TOMS pentru reduce frecării la curgerea turbulentă a lichi lor și ca urmare, aplicarea acestui ef în scopul reducerii consumului de en gie de pompare a lichidelor. * De ac considerăm că interesul pentru subiec tratat este deja sensibilizat.

Lucrarea este structurată pe 7 capito prin conținutul său adresîndu-se ingi rilor care se ocupă cu proiectarea și expl tarea sistemelor de rețele de conducte d tr-o mare diversitate de ramuri industr le și se încheie cu o bibliografie selecti

În ansamblu, prin materialul prez tat, lucrarea confirmă că efectul TO este un nou procedeu de reducere a c sumului de energie la vehicularea lic delor, a cărui importanță este sublini de actualitatea și amploarea cercetări și aplicarea practică în multe țări cu tehnologie avansată.

Prof. dr. ing. Costin Moțoiu — I.P. Bucur

*) Leca, A. Leca, M., Chiujdea Cercetări asupra efectului TOMS p vind reducerea frecării la curge turbulentă a lichidelor. In : Energet 32, 1984, nr. 1, p. 49—45.

Leca, A. Leca, M. Aplicarea efectu TOMS la reducerea consumului de en gie de pompare a lichidelor. In : En getica 32, 1984, nr. 2, p. 81—87.

Fabrica de produse ceramice-URZICENI

Str. Vînători, nr. 1, jud. Ialomiţa, tel. 919/50690, 50695, telex : ceram 82 118

Produce elemente rigide din poliester armat cu fibre de sticlă (PAS) pentru umplutura turnurilor de răcire

- Elementele rigide din poliester armat cu fibre de sticlă (PAS), sub formă de rulouri, servesc la turnurile de răcire din centralele termoelectrice sau nuclearoelectrice, precum şi pentru turnurile de răcire ale industriei chimice, metalurgice etc. ;

- Intreprinderea de produse ceramice-URZICENI poate să livreze tuturor unităţilor interesate, pe bază de comenzi ferme, orice cantitate de rulouri PAS ;

Faţă de varianta de umpluturi de răcire constituite din rulouri din polietilenă pe spirală metalică (brevet. RSR nr. 66821), rulourile din PAS au între altele următoarele avantaje :

. se exclude utilizarea spiralei metalice (economie de circa 100 t sîrmă galvanizată Ø 3 mm pentru un turn de răcire avînd suprafaţa de răcire de peste 5000 m^2) ;

. se creează condiţii favorabile pentru confecţia de pachete rigide cu efecte asupra productivităţii muncii la montaj (care creşte cu circa 10 %) ;

. scade greutatea umpluturii de răcire cu circa 20 % ;

. se poate obţine o reducere a riscului de incendiu în proporţie sporită prin utilizarea de răş poliesterice corespunzătoare.

x

x x

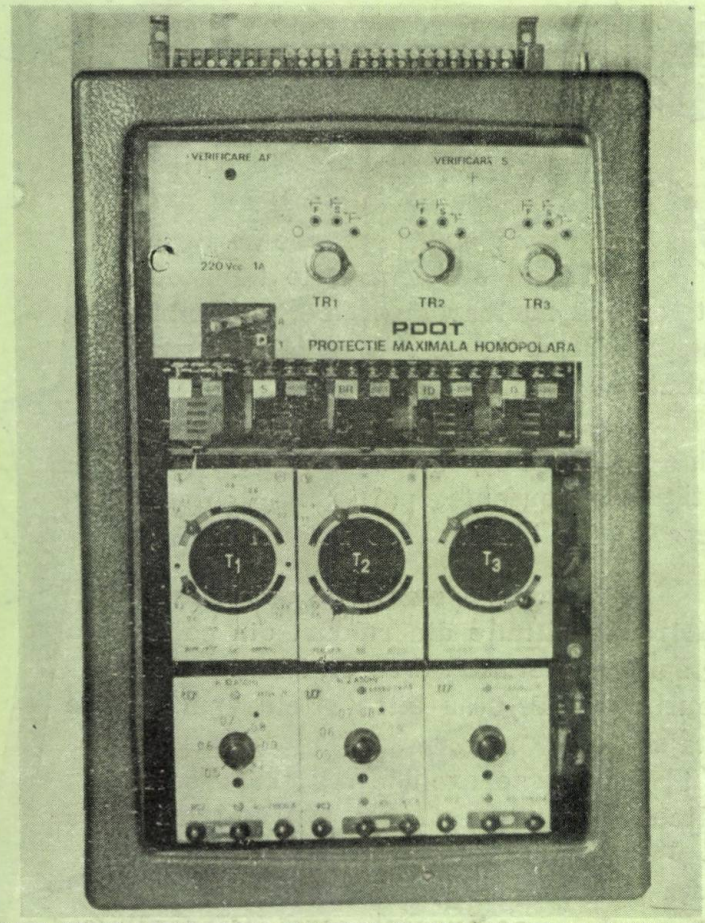
- Comenzile se primesc la sediul fabricii, p adresa din antet, livrările făcîndu-se cu operativitate.

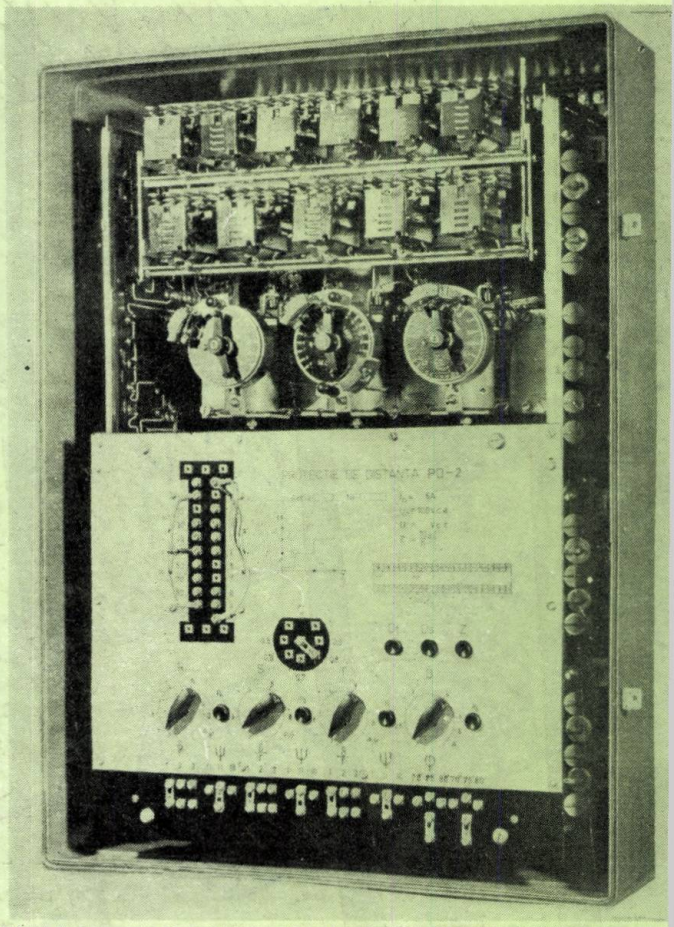
- Adresaţi-vă cu încredere întreprinderii de produse ceramice-URZICENI pentru modernizarea turnurilor de răcire cu rulouri PAS !.

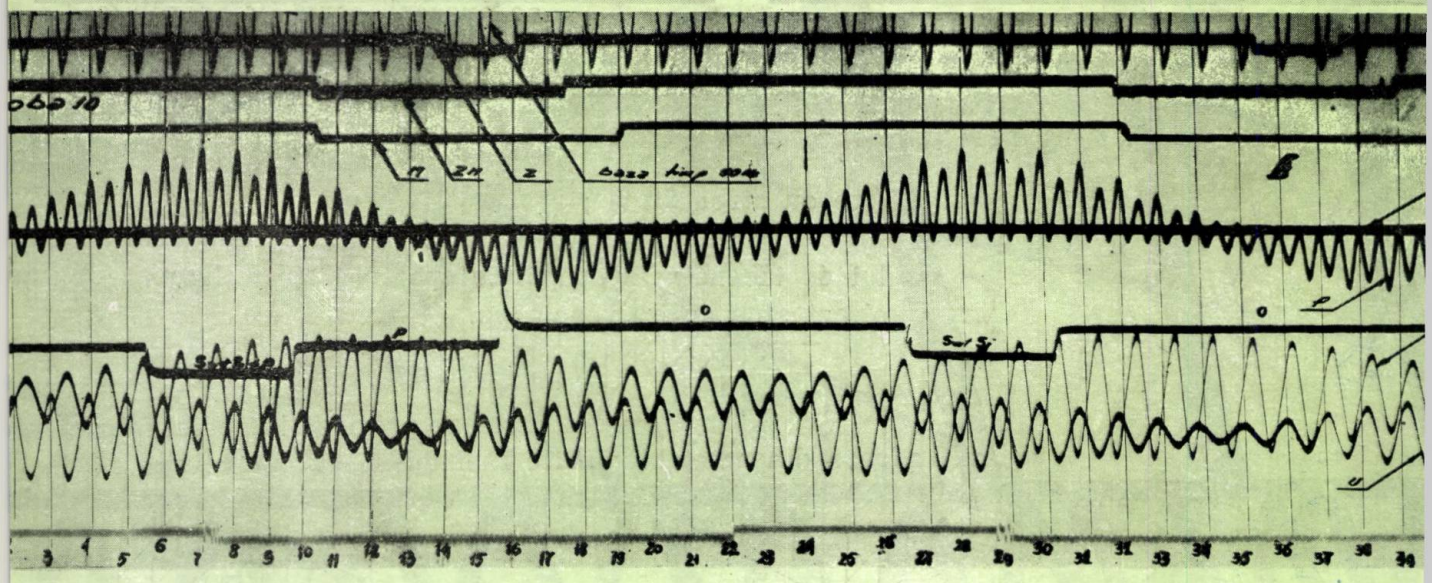
1985 FEB 27

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30







- ICEMENERG prin Colectivul de cercetare-protecţie prin relee (CCPR) elaborează analize şi soluţii individualizate în domeniul protecţiei prin relee asigurînd fiabilitatea instalaţiilor electroenergetice.
- ICEMENERG prin atelierele sale de microproducţie realizează o gamă largă de relee şi dispozitive de protecţie şi automatizare pentru generatoare, transformatoare şi reţele de joasă, medie şi înaltă tensiune.

2039

MW

REFERALVA

9

(Elektrotechn.
Energ.; a

energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREŞTI
SEPTEMBRIE 1984

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

ENERGY RESEARCH AND MODERNISING INSTITUTE

ROMANIA – BUCUREŞTI IV, Bd. Energeticienilor 8, Tel. 21.46.30

79619 Bucureşti - România, Bd. Energeticienilor nr 8, Phone 21.32.41, Telex 10783 ice

Energy Forecasting, Data Processing, Management and Economics Laboratory

carries out :

Analysis and forecasting for energy development on national level
Analysis and forecasting for technological development in energetics
Research and development programmes concerning energy
Selection of priorities and efficient programmes for energy conservation

including

ENERGY

Energy balances
Energy load forecasting (by sources, sectors, zones a. s. o.)
Energy resources and supply forecasting (by sources a. s. o.)
Energetic and economic efficiency evaluation
Comparative analysis and evaluation of energy strategies
Comparative analysis and evaluation of energy technologies
Analysis and evaluation of the environmental impact of energy
Evaluation of resources required to achieve programmes

ECONOMY

INFORMATION

Organizing of energy statistics systems
Statistical analysis in the field of energy
Technical and economic data banks in the field of energy

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**
(redactor responsabil)
Dr. ing. **Nicolae Armencoiu**
(redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Gh. Bălan**
(redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Eugeniu Pavel**
(secretar de redacţie)

Membri

Ing. **Paul Cartianu**
Dr. ing. **Jean Constantinescu**
Dr. ing. **Mario Duma**
Dr. ing. **Alexandru Florescu**
Ing. **Horia Furtunescu**
Ing. **Nicolae Georgian**
Ing. **Dan Iosifescu**
Dr. ing. **Gheorghe Luca**
Dr. ing. **George Manolescu**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Ing. **Ion Măiereanu**
Ing. **Nicolae Niculescu**
Ing. **Mihai Nistor**
Dr. ing. **Teodor Popa**
Ing. **Miron Popescu**
Dr. ing. **Victor Romert**
Ing. **Romulus Sfichi**
Ec. **Gheorghe Ursache**
Ing. **Romeo Zbarcea**

Revista ENERGETICA este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia
Bucureşti 74 568
Bd. Energeticienilor 8, sector 3
Telefon: 20 67 30; 21 46 30

Cd. 2469

I. P. Informaţia, str. Brezoianu, nr. 23—25, Bucureşti, sector 1.

ANUL 32 **9** SEPTEMBRIE 1984

Cuprinsul

ARTICOLE

Gheorghe Bălan, Alexandru Blada: Pognoze energetice pînă la sfîrşitul acestui deceniu elaborate în S.U.A. pentru unele zone ale lumii 389—395

Viorica Neaţu, Valentin Marghitu: Metodă rapidă pentru determinarea puterii calorice cu ajutorul traductoarelor radiometrice de laborator I. Metodă discontinuă de laborator 395—402

Abdulah Nabijovici: Dimensionarea optimă a instalaţiei de by-pass medie-joasă presiune din schemele turbinelor cu abur (cu prezentare în limba engleză) 403—409

Gheorghe Opriş, Constantin Ionescu: Consideraţii preliminare privind utilizarea unor prototipuri de hidroagregate bulb pe rîurile interioare din R.S. România. 409—417

DE LA COMITETUL NAŢIONAL ROMÂN AL CONFERINŢEI MONDIALE A ENERGIEI 417—426

MINIMONOGRAFII

Paul Cartianu, Ioan Mazilu: Centrala hidroelectrică Bacău 426—427

CRONICA 427—430

RECENZII 431—432

În revista „Energetica" se publică:

Articole

Informații referitoare la: publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice — ICEMENERG, prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică.

Vasile Pleșca — șef OIDE

Ana Maria Chivu — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 2469

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

Readers from abroad can subscribe through: ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă P.O. Box 12-201, telex 10376 prsfir. București, Calea Griviței nr. 64—66.

СОДЕРЖАНИЕ

Георге Бэлан, Александру Блада: Энергетический прогноз до конца настоящего десятилетия разработанный в США для некоторых районов мира 389 — 395

Виорика Неацу, Валентин Мэргиту: Скоростной метод определения теплотворной способности с помощью лабораторных радиометрических датчиков 395 — 402

Абдуллах Набижович: Расчет оптимальных размеров обходной установки среднего и низкого давления в контурах паровых турбин (с изложением на английском языке) 403 — 409

Георге Оприш, Константин Ионеску: Предварительные соображения по использованию некоторых прототипов гидротурбин капсульного типа на внутренних реках СР Румынии 409 — 417

ОТ РУМЫНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО КОМИТЕТА ВСЕМИРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ 417 — 426

МИНИМОНОГРАФИЯ

Паул Картиану, Ион Мазилу: Гидроэлектрическая станция Бакэу 426 — 427

ХРОНИКА 427 — 430

РЕЦЕНЗИА 431 — 432

INHALTSVERZEICHNIS

Gheorghe Bălan, Alexandru Blada: Energieprognosen bis zum Ende dieses Jahrhunderts erarbeitet in den USA für einige Zonen der Erde 389 — 395

Viorica Neaţu, Valentin Marghitu: Eine rasche Bestimmungsmethode des Heizwertes anhand von Labor-Strahlungsmessgeber I. Die diskontinuierliche Labormethode 395 — 402

Abdulah Nabijovici: Die optimale Bemessung der Mittel- und Tiefdruck-By-Pass-Anlage aus Dampfturbinenanlagen (mit einer Kurzfassung in Englisch) 403 — 409

Gheorghe Opriş, Constantin Ionescu: Vorbetrachtungen über die Anwendung einiger Prototypen von Bulb Hydroaggregaten auf den Innenflüssen aus Rumänien 409 — 417

VOM RUMÄNISCHEN NATIONALKOMITEE DER WELT ENERGIEKONFERENZ 417 — 426

MINIMONOGRAPHIEN

Ioan Mazilu, Paul Cartianu: Das Wasserkraftwerk Bacău 426 — 427

CHRONIK 427 — 430

REZENSIONEN 431 — 432

SOMMAIRE

Gheorghe Bălan, Alexandru Blada: Prognoses énergétique jusqu'à la fin de cette décennie élaborées en Etats-Unis pour quelques zones du monde 389 — 395

Viorica Neaţu, Valentin Marghitu: Méthode rapide pour la détermination de la puissance calorifique à l'aide des traducteurs radiometrique de laboratoire 395 — 402

Abdulah Nabijovici: Dimenssionnement optimal de l'installation by-pass moyenne-basse pression dans les schémas des turbines à vapeur (présentation en englais) 403 — 409

Gheorghe Opriş, Constantin Ionescu: Considération préliminaires concergant l'utilisation de quelque prototypes de hydroagrégats „bulbe" sur les rivières intérieures de la Roumanie 409 — 417

DE LA COMITÉ NATIONAL ROUMAIN DE LA CONFÉRENCE MONDIALE DE L'ÉNERGIE 417 — 426

MICROMONOGRAPHIE

Paul Cartianu, Ioan Mazilu: La céntrale ghydroélectrique Bacău 426 — 427

CHRONIQUE 427 — 430

COMPTES RENDUS 431 — 432

SUMMARIES

Gheorghe Bălan, Alexandru Blada: Energy Prognoses Until the End of This Century, Elaborated in the U.S.A. for Different Parts of the World.

The paper presents the probable development tendency of the world energy for different market economy area of the world depending on the most characteristic possible evolution scenarios of the oil price considered as determinant factor of this development. All the data presented in the paper have been extracted from the most recent energy prognoses elaborated by governmental organisms and private organizations of the U.S.A. Fynally, an evolution of the energy prognoses elaborated during the last six years up to the year 1990 showing the dynamic character and the limits of such prognoses is presented.

Energetica 32 (1984), nr. 9, p. 389 — 395

DC 621.314.1 ; 662.64/66

Viorica Neaţu, Valentin Marghitu: Rapid Determination Method of the Heating Value by Radiometic Ash Transducers. I. The Discontinuous Method

The radiometric moisture and ash determination method considerably reduces the coals heating value measurement duration as compared to the classic laboratory determination method.

If the ash determination is performed radiometrically and the humidity is determined graphically according to the formula $W_t^i = f(A^i)$ then, the heating value determination can be reduced from 48 hours to some seconds, with an error close to the classsical method.

The theoretical bases and the laboratory determinations on about 4000 representative coal samples constitute the basis of the demonstration sustaining the application of this method for the coals of the North Oltenia area.

Energetica 32 (1984), nr. 9, p. 395 — 402

DC 621.165.002.5

Abdulah Nabijovici: The Optimal Dimensioning of the Medium Low Pressure By-Pass Installation of Steam Turbines Schemes (with a short presentation in English)

The paper presents the dimensioning manner of the optimal capacity from the operational point of view of medium and low pressure by-pass installations. The proposed technologcal dimensioning considers the installation's destination — tiart and emergency — by the utilization duration for every process as well as secondary heat and condensate recoveries. Finally, a method of dimensioning the components of the technologically optimized installation is presented.

Energetica 32 (1984), nr. 9 p. 403 — 409

DC 621.165.004.1

Gheorghe Opriş, Constantin Ionescu: Preliminary Considerations Regarding the Use of Bulb Hydroaggregates Prototypes on the Rivers of Romania

In the hydropower plants Slatina and Petreşti, were installed the prototypes of two typified dimensions of horizontal Kaplan-Bulb aggregates of 13 MW and 2 MW respectively with a head race of 9.5 m. The paper analyzes the investments in these plants compared to those of the plants Gura Lotrului and Tismana downstream, equipped with vertica Kaplan aggregates of the same power and head race and presents conclusions regarding the future applicabl solutions from this point of view, i.e: the typified dimen sions 13 MW Bulb aggregate could be competitive if its weigh and cost could be reduced with 25% achieving thus a size reduction as experienced abroad as well, while for th typified dimension 2 MW Bulb aggregate the solution canno be competitive in any way, the small dimensions (less tha 2.5 m rotor diameter) horizontal tubular Kaplan turbine do not show further advantages as compared to the verti cal spiral chamber Kaplan turbine.

The energetic and behavioural conclusions in operatio will be drawn later after efficiency measurements and th long-range proptotypes' operation.

Energetica 32 (1984), nr. 9, p. 409 — 417

FROM THE ROMANIAN MNATIONAL COMMITTEE O THE WEC 417 — 42

MINIMONOGRAPHIES

Paul Cartianu, Ioan Mazilu: The Hydropower Plant Bacă 426 — 42

CHRONICS 427 — 43

REVIEWS 431 — 43

Prognoze energetice pînă la sfîrşitul acestui deceniu, elaborate în S.U.A. pentru unele zone ale lumii

Dr. ing. Gheorghe Bălan, ing. Alexandru Blada*

Introducere

Faptul că evoluţia economică determină dezvoltarea producţiei şi consumului de energie, atît la nivelul unei ţări, cît şi pe ansamblul unor grupuri mai mari sau mai mici de state, este o certitudine istoric verificată. Este, de asemenea, adevărat că dezvoltarea bazei energetice condiţionează dezvoltarea economiei. Aprecierea cantitativă a acestor evoluţii pentru perioade date de timp necesită, înainte de toate, elaborarea unor modele matematice ale economiei şi energiei [4] şi efectuarea, în continuare, a calculelor, prin aplicarea în cadrul modelelor, a unor ipoteze privind valoarea şi tendinţa variabilelor de intrare şi natura deciziilor energetice importante. Astfel de ipoteze se referă, în principal, la apariţia şi utilizarea noilor tehnologii de producere şi conversie a energiei, la sporirea prin noi descoperiri a resurselor convenţionale de energie, la modificarea obiceiurilor şi concepţiei privind conservarea energiei. Pentru ţările cu economie capitalistă, ponderea principală, care determină evoluţia energetică pe termen scurt şi mediu, o au însă ipotezele asupra preţurilor surselor primare de energie, în esenţă preţul petrolului. În funcţie de ipotezele adoptate, se întocmesc scenarii posibile de dezvoltare. Gradul lor de incertitudine, mai mic sau mai mare, depinde de corectitudinea modelului şi mai ales de validitatea ipotezelor. Infirmarea brutală de către viitor a valorii unei ipoteze de calcul poate conduce la abateri mari între previziune şi realitate.

Pe baza unor astfel de modele, organisme guvernamentale şi organizaţii particulare din S.U.A. elaborează cu regularitate prognoze asupra dezvoltării energetice mondiale, îndeosebi pentru ansamblul ţărilor nesocialiste industrializate şi în curs de dezvoltare. Printre cele mai complete prognoze sînt cele întocmite anual de Energy Information Administration (EIA) de pe lîngă Departamentul Energiei, după care au fost preluate majoritatea datelor prezentate în acest articol [1], [2], [3].

* Dr. ing. Gheorghe Bălan este cercetător ştiinţific pr. I a ICEMENERG, ing. Alexandru Blada este cercetător ştiinţific la acelaşi institut.

1. Preţul petrolului

Principala variabilă de intrare a modelelor o reprezintă preţul petrolului, atît datorită ponderii absolute pe care petrolul o are ca sursă primară de energie — 51,5% în totalul energiei consumate de ţările capitaliste dezvoltate şi în curs de dezvoltare, în anul 1980 — cît şi ca variabilitate — de la 8 dolari barilul în 1973 la 39 dolari barilul în 1980 (în preţuri constante 1982).

După un deceniu de relativă criză de petrol şi preţuri mereu în creştere, piaţa mondială a petrolului se pare că a intrat într-o perioadă de surplus, fapt care atrage după sine o scădere a preţurilor. Primul factor care a determinat această tendinţă în primii ani ai acestui deceniu a fost reducerea inevitabilă a consumului de petrol, tocmai ca urmare a creşterii preţului său în deceniul precedent. Al doilea factor îl reprezintă recesiunea prelungită în care se află economia mondială a lumii capitaliste.

Între modificările de preţ ale petrolului pe piaţa mondială şi utilizarea capacităţilor de extracţie existente s-a manifestat o strînsă dependenţă. În diagrama din figura 1, preluată după [1], este construită, prin interpolarea situaţiilor reale înregistrate în anii 1975—1982, curba de dependenţă între tendinţa de modificare a preţului petrolului la un moment dat (exprimată în procente de creştere/scădere faţă de preţul pe piaţă în acel moment) şi gradul de utilizare a capacităţii de extracţie la acea dată în ţările exportatoare de petrol

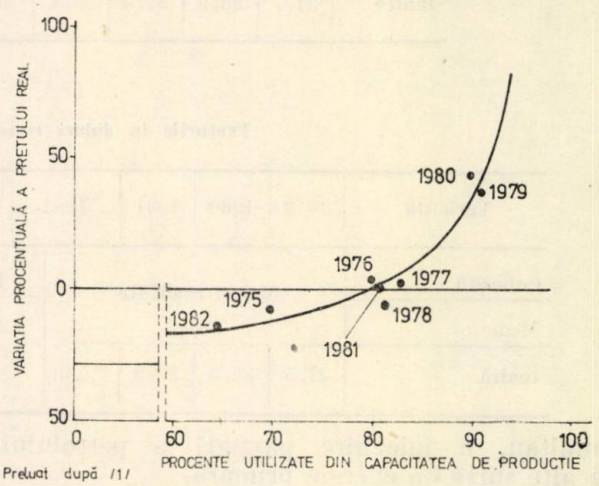


Fig. 1. Variaţia preţului petrolului în funcţie de gradul de utilizare a capacităţii de producţie.

Se observă că ori de cîte ori în ultimul deceniu gradul de utilizare a capacității de extracție a depășit valoarea de 80%, prețul petrolului a crescut. Creșterea a fost cu atît mai accentuată cu cît gradul de utilizare a capacității de extracție a fost mai mare de 80%. Invers, atunci cînd acest grad de utilizare a fost sub 80%, prețurile petrolului au manifestat o tendință de scădere. Modificarea prețurilor a atras după sine modificarea consumului și, implicit, a extracției și în felul acesta s-a ajuns de fiecare dată la un echilibru relativ, caracterizat printr-o stabilizare temporară a prețului petrolului (la alte valori de fiecare dată) și o utilizare de aproximativ 80% a capacității de extracție OPEC.

Țările importatoare au inițiat și continuă să dezvolte programe de creștere a eficienței energetice generale și de substituire a petrolului prin alte surse de energie. Dacă se consideră drept indicator măsurabil al eficienței energetice cantitatea de energie primară necesară pentru producerea unei unități valorice de venit național, se constată că eficiența energetică a crescut cu 13% între anii 1973 și 1980, pe totalul țărilor industrializate, deși această perioadă a fost o perioadă de creștere economică (19%) și nu de recesiune. În același timp, un al doilea indicator, cel care măsoară cantitatea de petrol consumată pentru producerea unei unități de venit național, a scăzut cu 20%. Aceasta atestă că sporirea eficienței energetice s-a produs în condiții în care a avut loc, mondială cu 9—10 milioane barili pe zi. Stocurile erau la un nivel foarte ridicat, putînd acoperi 102 zile de consum față de 85 zile în 1978. Aceste împrejurări au făcut ca prețul petrolului să scadă de la 34 dolari barilul la începutul anului, la 33 dolari barilul, la sfîrșitul aceluiași an.

În actuala conjunctură incertă estimațiile Departamentului Energiei al Statelor Unite iau în considerație [1], [2], [3] trei căi posibile de evoluție a prețului petrolului pînă la sfîrșitul actualului deceniu : prețuri coborîte, prețuri medii și prețuri înalte (tabelul 1). Prețurile medii au fost stabilite pe baza analizei situației pe piața mondială a petrolului. Variantele cu prețuri coborîte și înalte reprezintă domeniile de incertitudine admise în jurul prețului mediu. Ele nu au în vedere posibilitatea apariției unor discontinuități de natura celor induse de „crizele petrolului" din anii 1974 și 1979—1980.

Prețurile din tabelul 1 sînt prețuri nominale, exprimate în dolarii anului respectiv și prin urmare includ și o creștere artificială, datorată ratei inflației luată în calcul. Variațiile de preț sînt substanțial reduse dacă aceste prețuri se raportează la o valoare reală a dolarului, după cum se vede în tabelul 2, unde prețurile sînt date în dolari constanți 1982.

Se prevede, așadar, o continuare a scăderii prețului petrolului pînă la valoarea minimă de 25 dolari barilul în 1985, ca urmare a actualului surplus de capacitate de extracție și a

Tabelul 1

Prețurile în dolari nominali pe baril de petrol

Varianta	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Coborîtă	Valori realizate				29	25	24	26	29	34	39	45
Medie					31	29	29	34	42	48	54	59
Înaltă	21,7	33,9	37,0	33,6	33	33	40	47	54	60	67	77

Tabelul 2

Prețurile în dolari constanți 1982 pe baril de petrol

Varianta	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Coborîtă	Valori realizate				28	23	21	21	22	24	26	28
Medie					30	26	25	28	32	34	36	37
Înaltă	27,5	39,3	39,3	33,6	32	30	34	38	41	43	45	48

simultan, o înlocuire parțială a petrolului cu alte surse de energie primară.

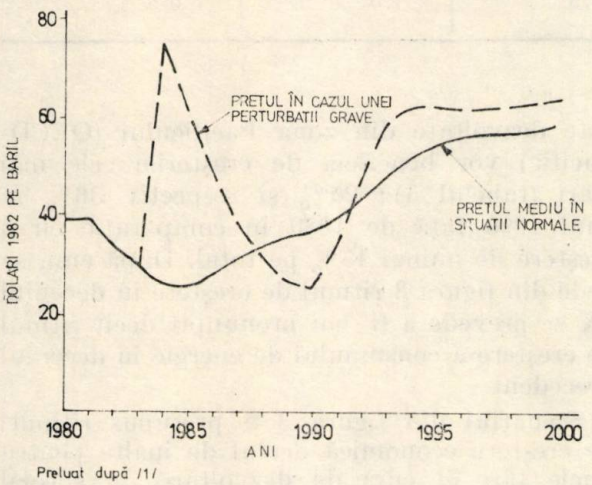
La sfîrșitul anului 1982 capacitatea globală de producție a petrolului depășea cererea unor perspective slabe în ceea ce privește creșterea economică. Se condideră însă că, după un timp, efectul reacției inverse în economie va face ca surplusul de capacitate și

prețurile coborîte să stimuleze creșterea consumului și cererii de petrol pe piața mondială. Prețurile vor crește la 37 dolari barilul către sfîrșitul deceniului. Adăugînd și creșterea inflaționară, prețul nominal pe piață la acea dată va putea ajunge la aproape dublul celui de azi.

Conform acelorași estimații, tendința de creștere moderată prevăzută pentru anii 1985—1990 va continua aproximativ și în deceniul următor. Către anul 2000 prețul real al barilului de petrol în varianta medie va atinge 60 dolari 1982. Evoluția continuă din aceste previziuni poate suferi puternice discontinuități în eventualitatea producerii unor evenimente politice perturbatoare. Este interesant de observat că, după încetarea evenimentului politic perturbator, prețurile manifestă o tendință de suprareglaj față de curba prețului mediu : creșterea bruscă este urmată de o scădere relativ rapidă sub curba prețului mediu și apoi o creștere lentă și o stabilizare în jurul unei valori puțin superioare prețului mediu. Cu titlu de exemplu menționăm că un deficit brusc de 5 milioane barili pe zi față de cererea actuală pe piața mondială — situație la care ar putea conduce blocarea navală a strîmtorii Hormuz în anul 1984 — ar provoca o creștere bruscă a prețului real la circa 76 dolari barilul, urmată de o scădere pînă la valoarea de 25 dolari barilul în 1990, față de 37 dolari prețul mediu previzionat pentru acel an (fig. 2).

2. Previziuni energetice

Modelele utilizate în diferite prognoze nu au fost aceleași, după cum nici ipotezele privind resursele energetice efectiv disponibile, ritmul creșterii economice și evoluțiilor tehnologice posibile nu au coincis. Ca urmare, așa cum se vede în tabelul 3, datele diferă de la un scenariu



Preluat după /1/

Fig. 2. Evoluția prognozată a prețului petrolului.

la altul, atît în ceea ce privește consumul de energie și producția de petrol previzionată pentru anul 1985, cît și pentru anul 1990, pentru ansamblul țărilor cu economie neplanificată centralizat. În toate scenariile calculate s-a luat ca dată de intrare o curbă medie de variație a prețului petrolului [1].

Previziunile cele mai coborîte în ceea ce privește consumul total de energie și cel de petrol din prognoza Tenneco sînt bazate pe luarea în considerație a unei creșteri accentuate, în viitor, a eficienței energetice și a unei rate de creștere a economiei mai scăzute, de 3,5% pînă în 1985 și 2,7% în continuare pînă în 1990, față de 2% și respectiv 3,2% în prognoza EIA, 3%, respectiv 3,6%, în prognoza PPA/DOE și 3,5% pentru întregul interval 1980—1990 în prognoza Socal. Principalii exportatori de petrol vor fi, pînă la sfîrșitul deceniului, țările membre ale OPEC, deși producția lor va rămîne sub nivelul de 31 milioane barili pe zi atins în anul de vîrf 1979. Producția de petrol a țărilor industrializate (Statele Unite, Canada, Europa OECD) se va menține aproximativ constantă, în jurul nivelului de 15 milioane barili pe zi, în timp ce producția țărilor în curs de dezvoltare nemembre OPEC va crește cu 34%, de la 7,6 milioane barili pe zi în 1982 la 10,2 milioane în 1990. Mexicul este de departe cel mai mare producător de petrol din rîndul acestor țări.

În condițiile în care consumul de petrol va rămîne cvasiconstant, scăderea extracției din terenurile epuizate va fi compensată cu cea din noile zone de extracție situate în principal în Marea Nordului și platforma continentală a Statelor Unite și Canadei, precum și prin mărirea gradului de recuperare a zăcămintelor exploatate, prin extracția petrolului din șisturi și prin producerea combustibililor sintetici lichizi.

Se prognozează că principalii consumatori de petrol vor fi, ca și pînă acum, țările dezvoltate (tabelul 4), cu un consum cvasiconstant, pe perioada 1985—1990, la nivelul de circa 38 milioane barili pe zi, egal cu cel din anul 1980 și cu 0,9 milioane barili pe zi sub valoarea maximă atinsă în anul 1979. După mai bine de un deceniu de la cel de-al doilea șoc petrolier din anii 1979—1980, consumul mondial va reveni în 1990 la valoarea sa de vîrf de dinaintea șocului (aproximativ 53 milioane barili pe zi.

Excedentul petrolier de 23,8 milioane barili pe zi al țărilor OPEC în anul 1990 este aproximativ egal cu deficitul țărilor capitaliste dezvoltate — 23,5 milioane barili pe zi. Se poate spune astfel că surplusul de petrol al țărilor OPEC la finele acestui deceniu va fi direcționat virtual pe o singură cale : spre țările capitaliste dezvoltate.

Deși consumul țărilor în curs de dezvoltare va crește cu 21% în această perioadă, la sfîrșitul deceniului partea acestor țări nu va depăși 20,3% din consumul total, ponderea

Tabelul 3

Energia în milioane barili petrol echivalent pe zi. Petrolul în milioane barili pe zi

Autorul şi data previziunii	Consum				Producţie de petrol			
	Energie		Petrol		Ţări OPEC		Alte ţări	
	1985	1990	1985	1990	1985	1990	1985	1990
Realizat în 1980	94		50		28		21	
EIA[1]) (mai 1983)	98	109	51	52,7	26	27,7	24	25
Gulf (februarie 1982)	101	116	48	51	25	28	24	25
Socal[2]) (iunie 1982)	105	118	48	49	22	22	21	22
PPA/DOE[3]) (august 1982)	104	115	50	52	26	29	24	24
Tenneco (august 1982)	97	107	47	49	*	*	*	*[4])
Conoco (februarie 1982)	100	112	47	49	21	23	25	25

1 baril petrol (echivalent)/zi corespunde la circa 76 t c.c./an

[1]) EIA : Energy Information Administration

[1]) Socal : Standard Oil Company of California

[2]) PPA/DOE : Office of Policy, Planning and Analysis/ Departament of Energy

[4]) Lipsă date

Tabelul 4

Producţie/consum petrol în milioane barili pe zi

Ţara	1980	1982	1985	1990
Statele Unite	10,8/17,5	10,8/15,6	10,6/18,4	10,0/17,4
Canada	1,8/1,9	1,6/1,7	1,5/1,9	1,7/2,0
Japonia	0/5,0	0/4,5	0/4,9	0/5,3
Europa (OECD)	2,6/13,5	3,0/11,9	3,4/12,8	3,0/13,5
OPEC	27,6/2,6	19,9/2,9	25,8/3,2	27,7/3,9
Alte ţări nesocialiste	6,4/9,0	7,6/8,8	8,8/9,7	10,2/10,7
Export din ţări socialiste	1,2	1,5	1,0	0,5

1 baril petrol/zi corespunde la circa 76 t c.c./an

lor sporind cu mai puţin de un procent faţă de anul 1982.

Cum este şi firesc, cea mai semnificativă sporire a consumului de petrol se aşteaptă de la ţările exportatoare de petrol : 3,9 milioane barili pe zi în 1990 faţă de 2,9 milioane în 1982, o creştere de aproape 35%.

Deşi consumul de petrol se menţine sub nivelul anului 1979 în tot cursul acestui deceniu, pentru consumul total de energie se prevede o creştere modestă, dar constantă. Sursele de energie care vor contribui la această creştere includ cărbunele, energia nucleară, hidroelectrică, solară, geotermală şi energia biomasei.

Toate ţările vor contribui la această creştere, însă ţările în curs de dezvoltare (producătoare şi neproducătoare de petrol) şi ţările capitaliste dezvoltate din zona Pacificului (OECD-Pacific) vor beneficia de creşterile cele mai mari (tabelul 5) : 20% şi respectiv 36% în anul 1990 faţă de 1980 în comparaţie cu o creştere de numai 15% pe total. După cum se vede din figura 3 ritmul de creştere în deceniul IX se prevede a fi mai pronunţat decît ritmul de creştere a consumului de energie în deceniul precedent.

Scenariul din figura 3 a presupus ritmuri de creştere economică destul de înalte pentru unele ţări în curs de dezvoltare, în special pentru ţările exportatoare de petrol. De asemenea, s-au anticipat ritmuri economice relativ ridicate pentru unele ţări recent industrializate : Mexic, Brazilia, Singapore şi altele. Creşterea economică se aşteaptă a fi mai

Tabelul 5

Energia în milioane de barili petrol echivalent pe zi

Regiunea	1980	1985	1990
Statele Unite și Canada	41,5	41,5	43,8
OECD Europa	26,2	25,7	28,6
OECD Pacific	9,5	10,0	11,4
Țări în curs de dezvoltare	18,6	21,4	25,2
Total	95,8	98,6	109

1 baril petrol echivalent/zi corespunde la circa 76 t. c.c./an

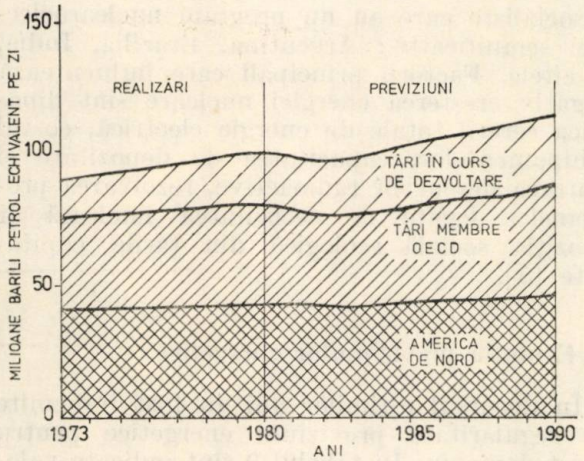


Fig. 3. Varația consumului total de energie pe regiuni.

Tabelul 6

Energia în milioane de barili petrol echivalent pe zi

Sursa de energie	1980	1985	1990
Petrol	49,1	49,6	52
Gaze naturale	18,2	16,7	17,6
Cărbune	18,2	20,5	24,3
Energie nucleară	2,9	4,3	6,7
Alte surse	7,2	7,5	8,4

1 baril petrol echivalent/zi corespunde la circa 76 t.c.c./an

redusă în țările puternic industrializate din Europa și America de Nord.

Repartiția pe surse de energie rezultată din tabelul 6 și ilustrată în figura 4 arată că ponderea relativă a petrolului scade de la 51,3% la 48% în cursul deceniului IX, deși petrolul continuă să fie principala sursă de energie. Această scădere reflectă insuficiența pe piață și prețul în creștere față de alte surse.

Mai mult decît petrolul, gazele naturale vor coborî și ele în ierarhia energetică mondială nu numai în valori relative (de la 19% la 16%), ci și în valori absolute, fiind de altfel singura sursă pentru care se prognozează o scădere cantitativă. Cauza rezidă în creșterile

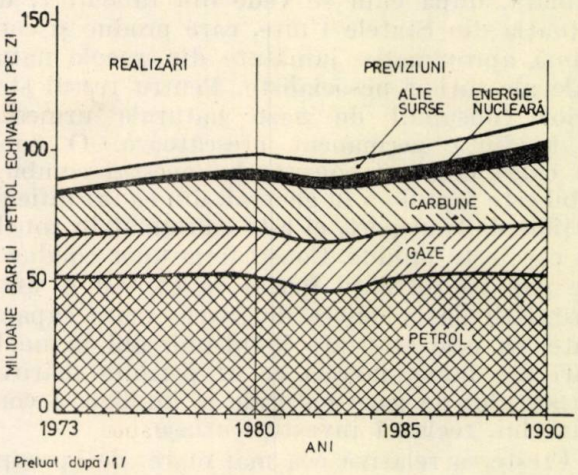


Fig. 4. Variația consumului mondial de energie pe tipuri de surse.

rapide ale prețului gazului metan prevăzute a avea loc în Statele Unite, principalul producător și consumator al acestui combustibil, de la 1,8 dolari/milion Btu în 1980 la 2,5 dolari în 1984 și 5,5 dolari în 1988 (dolari constanți 1982). Creșterile sînt cauzate de scoaterea prețului de sub controlul federal și vor avea ca efect trecerea centralelor electrice de pe gaz pe petrol. Astfel, dacă în 1980 cota petrolului față de cea a gazului natural în producerea energiei electrice era de circa 1,3 milioane barili/zi față de 1,8 milioane barili echivalent petrol pe zi, pentru 1985 se preconizează că ea va crește la 1,95 milioane barili pe zi față de 0,83 milioane barili petrol echivalent pe zi. După 1985 va urma o ușoară mișcare în sens invers, consumul de petrol scăzînd la 1,93 milioane barili pe zi în 1990, iar cel de gaz metan urcînd la 1,07 milioane barili petrol echivalent pe zi.

Este prognozat ca o parte din ce în ce mai mare în totalul energiei să revină cărbunelui, energiei nucleare și energiei hidroelectrice. Cota cărbunelui va urca de la 19% la 22%, cea a energiei nucleare se va dubla, sărind de la 3% la 6%, în timp ce restul surselor își vor menține ponderea actuală în jurul lui 8%.

Cărbunele este o sursă abundentă în multe țări ale lumii și din acest motiv este de presupus că prețul său va rămîne relativ scăzut. El va înlocui o parte din petrolul utilizat acum în centralele electrice și va impulsiona creșterea economică în țările în curs de industrializare. O altă cale de creștere a consumului de cărbune cu puteri calorice mai ridicate se

așteaptă să fie extinderea procedeului de lichefiere a sa.

Consumul mondial de gaze naturale va scădea pînă în 1985 și apoi va crește, fără ca el să mai atingă, la sfîrșitul deceniului, nivelul din anul 1980. Această comportare este determinată, după cum se vede din tabelul 7, de situația din Statele Unite, care produc și consumă aproximativ jumătate din gazele naturale ale țărilor nesocialiste. Pentru restul statelor consumul de gaze naturale urmează o tendință permanent crescătoare. O frînă în calea creșterii consumului acestui combustibil este faptul că în general, din cauza dificultăților de transport, el este consumat în zonele în care este produs. Construirea unor conducte de gaz pe distanțe foarte lungi sau a unor instalații de lichefiere de foarte mare capacitate, ca cele realizate în ultimii ani în unele țări din lume, lucrări ce ar permite mărirea exportului de gaze naturale și implicit a consumului, reclamă investiții uriașe.

Creșterea relativă cea mai mare, de aproape 9% anual, revine energiei nucleare. Capacitatea centralelor nucleare (tabelul 8) va ajunge la sfîrșitul deceniului la circa 300 000 MWe, aproape în totalitate instalată în țările industrializate, între care se remarcă în primul rînd

Tabelul 7

Energie gaze naturale în milioane de barili petrol echivalent pe zi

Țara (regiunea)	1980	1985	1990
Total țări nesocialiste din care :	18,2	16,7	17,6
Statele Unite	9,7	7,3	7,8

1 baril petrol echivalent/zi corespunde la circa 76 t.c.c./an

Tabelul 8

Puterea în mii MWe

Țara (Regiunea)	1981	1985	1990
Total țări nesoclaliste	139	189–218	278–322
Statele Unite	55	72–90	112–121
Total țări OECD fără S.U.A.	79	107–115	145–170
Restul țărilor nesocialiste	5	10–13	21–31

Statele Unite, U.R.S.S., Franța, Japonia, R.F.G. și Canada. În afara OECD există cîteva țări nesocialiste care au un program nuclearoelectric semnificativ : Argentina, Brazilia, India, și altele. Factorii principali care influențează negativ creșterea energiei nucleare sînt dinamica cererii totale de energie electrică, costul echipamentelor, capacitatea de depozitare și tratarea deșeurilor radioactive, rezolvarea problemelor legate de securitatea nucleară și opoziția socială ecologică din țările capitaliste [5].

3. Evoluția previziunilor energetice

În decursul ultimilor ani au fost întocmite cu regularitate previziuni energetice pentru acest domeniu. În tabelul 9 sînt indicate valorile prognozate pentru anul 1990, pentru consumul total de energie și pentru consumul și producția de petrol a lumii nesocialiste. Se constată că, an de an, previziunile pentru energia și petrolul care se vor consuma la sfîrșitul deceniului au fost tot mai reduse, cu excepția ultimei prognoze, cea întocmită în

Tabelul 9

Energia în milioane barili petrol echivalent pe zi. Petrolul în milioane barili pe zi

Autorul și anul prognozei	Statele Unite			Restul țărilor nesocialiste		Țări OPEC	Țări neOPEC nesocialiste	Total țări nesocialiste[1])	
	Consum		Producție	Consum		Producție	Producție	Consum	
	Energie	Petrol	Petrol	Energie	Producție	Petrol	Petrol	Energie	Petrol
EIA–1977	52,2	24,2	10,1	101,5	59,0	61,0	14,6	153,7	83,2
EIA–1978	49,4	19,9	11,5	84,6	48,8	39,7	17,5	134,0	68,7
EIA–1979	43,0	16,0	9,9	75,1	36,6	26,3	16,4	118,1	52,6
EIA–1980	42,0	16,0	10,1	75,1	34,4	26,1	16,3	117,1	50,4
EIA–1981	41,6	16,2	10,1	73,4	34,2	25,7	14,5	114,0	50,4
EIA–1982	39,2	17,4	10,0	69,8	35,4	27,7	14,9	109,0	52,8

1 baril petrol (echivalent)/zi corespunde la circa 76 t c.c/an.

[1]) Balanța între producția și consumul total de petrol se echilibrează prin importul/exportul din țările socialiste.

anul 1982, care arată o ușoară creștere a consumului de petrol față de ceea ce se previzionase cu un an mai înainte. Printre principalii factori care au determinat modificarea previziunilor de consum de energie și petrol la nivelul anului 1990 se înscriu modificările, de la an la an, atît ale prețului petrolului, cît și ale perspectivei creșterii economice, mai ales în țările industrializate. Exprimat în dolari constanți 1982, prețul prognozat al barilului de petrol la nivelul anului 1990, a variat neîncetat : în 1977 se credea că el va fi de 19 dolari, în 1978 de 23 dolari, în 1979 de 42 dolari, în 1980 de 46 dolari, în 1981 de 51 dolari pentru ca în 1982 să scadă din nou la 37 dolari. Această din urmă scădere a determinat creșterea cantității de petrol consumat în ultima prognoză, chiar în condițiile în care cantitatea de energie totală consumată este mai mică decît în prognoza anului precedent, ca urmare a înrăutățirii perspectivelor de creștere economică, în special pentru Statele Unite și Japonia.

Reducerea previziunilor asupra consumului mondial de energie afectează decisiv previziunile privind producția de petrol a țărilor OPEC : peste trei sferturi din această reducere este preluată de scăderea producției de petrol a acestor țări, în timp ce producția de petrol a celorlalte țări nu variază aproape deloc în prognoza 1982, față de prognoza 1977. Cum este și de așteptat, variația prețului pe piața mondială afectează cu precădere cantitatea de petrol produsă pentru a fi exportată.

Producția și consumul energetic pe ansamblul țărilor nesocialiste se compensează reciproc în toate aceste previziuni, cu excepția previziunii din 1977, care preconiza în anul 1990 un export net de 2,5 milioane barili petrol pe zi către țările socialiste și a celei din 1982, care prevedea dimpotrivă un import net de 0,5 milioane barili pe zi. Acest lucru nu înseamnă că între țările socialiste și cele nesocialiste, atît cele dezvoltate, cît și cele în curs de dezvoltare, nu vor exista schimburi energetice, însă balanța acestor schimburi pe ansamblul celor două comunități de națiuni va fi echilibrată.

Bibliografie

[1] *1982 Annual Energy Outlook*. Publicat de Energy Information Administration, Departamentul Energiei, S.U.A., mai 1983.

[2] *1982 Annual Energy Review*. Publicat de Energy Information Administration, Departamentul Energiei, S.U.A., 1983.

[3] * * * *Monthly Energy Review*. Publicat de Energy Information Administration, Departamentul Energiei, S.U.A., 1983.

[4] Thomson, W. F., Karaganis, J. J., Wilson, K. D. *Choice over Chance*. Economic and Energy Options Over the Future. Praeger, New York, 1981.

[5] Landsberg, H. H. ș.a. *Energy. The Next Twenty Years*. Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusets, 1979.

(Primit la 8 februarie 1984, acceptat la 24 aprilie 1984)

Dezvoltarea producției de energie pe bază de combustibili solizi. Reducerea și eliminarea consumurilor de hidrocarburi

Metodă rapidă pentru determinarea puterii calorice cu ajutorul traductoarelor radiometrice de cenușă

I. Metodă discontinuă de laborator

Ing. Viorica Neațu, dr. ing. Valentin Marghitu*

Introducere

O importanță deosebită pentru o exploatare sigură și rațională a centralelor electrice, cu un randament cît mai ridicat la cazanele de abur o are cunoașterea calității combustibilului utilizat. Cum în general cărbunele utilizat în țara noastră în scopuri energetice este de calitate inferioară, cu un conținut ridicat de balast și putere calorică mică, neomogenitatea este o caracteristică importantă a lui, ce creează mari dificuități în executarea unor măsurători concrete.

Măsurătorile clasice făcute curent de laboratoarele centralelor termoelectrice se referă la caracteristicile energetice ale cărbunilor consumați de cazanele de abur și anume :

— conținutul de umiditate, reprezentat prin umiditate totală la masa inițială W_t^i;

— conținutul de cenușă reprezentat prin cenușă la masa inițială „A” ;

* Ing. Viorica Neațu — inginer proiectant principal la ISPE, dr. ing. Valentin Marghitu — cercetător științific principal la IFIN.

— puterea calorică inferioară la masa inițială „Q_i^i".

În laborator analizele sînt executate pe o cantitate de circa 1 gram cărbune măcinat provenit din reducerea succesivă a masei cărbunoase obținute prin prelevări sistematice reprezentative din fluxul cărbunelui concasat pe o perioadă cuprinsă între 8 și 24 ore, conform, STAS 1273/1970. Procesul tehnologic de analiză se realizează în circa 48 ore. Rezultatele obținute astfel nu pot fi utilizate decît în relația dintre centrală și întreprinderea minieră la sfîrșit de lună și în nici un caz în scopul îmbunătățirii consumului specific al cazanelor. În această situație este foarte important ca ritmul în care sînt executate analizele să fie în pas cu utilizarea lui în centrală.

Metodele radiometrice de măsurare a conținutului de cenușă și determinare a puterii calorice răspund, la acest deziderat, rezolvînd în același timp și erorile rezultate din neomogenitatea masei cărbunoase prin mărirea probei analizate de la 1 gram la circa 10 kg. Aceeași metodă adaptată pentru măsurarea în flux pe bandă a caracteristicilor cărbunelui concasat poate atinge un grad de fidelitate mai mare, depășind în acest sens chiar metoda de laborator, prin faptul că măsurarea se face pe „tone' de material cu o frecvență mărită, o măsurare/secundă.

În acest scop IFIN a construit traductoare de cenușă tip AL2 și AP2, care permit măsurători discontinui de laborator și de teren „in situ".

Alături de cenușă, un factor important în determinarea puterii calorice este și umiditatea din cărbune.

Întrucît umiditatea totală a cărbunelui, executată prin metoda clasică STAS 5264/1976, este de lungă durată (circa 48 ore), deci incompatibilă cu cea radiometrică rapidă, cercetările s-au axat pe linia unor metode rapide de determinare cu traductoare radiometrice. O altă metodă rapidă de determinare a umidității totale din cărbune este și cea grafică, la baza căreia stau date recoltate sistematic și prelucrate statistic după relația $W_t^i = f(A^i)$.

Cunoscînd că principalele caracteristici energetice A^i, W_t^i și Q_i^i ale fiecărui tip de cărbune se corelează între ele, puterea calorică la rîndul ei poate fi determinată f (W_t^i și A^i) potrivit unor nomograme, care de altfel sînt utilizate curent în centralele termoelectrice.

O altă metodă rapidă, care constituie obiectul articolului de față, este metoda de calcul și afișare electronică a puterii calorice ce se bazează pe determinarea conținutului de cenușă cu izotopi radioactivi și pe determinarea grafică a umidității totale. Această metodă grafică de determinare a conținutului de umiditate a fost verificată pentru lignitul din carierele bazinului Oltenia nord care alimentează CTE Rovinari.

Metoda se bazează pe caracteristicile de formare a lignitului din acest bazin care se exploatează prin cariere de suprafață, unde excesul de umiditate este drenat.

În această situație, umiditatea totală remanentă, aditivă la masa cărbunoasă și necărbunoasă, este funcție lineară scăzătoare de conținutul de cenușă la masa inițială.

Pentru generalizarea acestei metode și la alți cărbuni, aparținînd altor cariere sau chiar mine, este necesar să se cerceteze fiecare sort pe date statistice.

1. Metoda grafică de determinare a umidității totale la masa inițială

Principiul care stă la baza metodei de determinare este :

$$W_t^i = f(A^i).$$

Relația de corelare lineară între cele două caracteristici principale ale lignitului — umiditatea totală și cenușa la masa inițială — a fost demonstrată și probată cu analize de laborator executate atît la noi în țară pe unele sorturi de lignit din bazinul Oltenia nord [1—3], cît și în alte țări europene care posedă ligniți de aceeași structură [4—6].

În ultimii 5 ani numărul exploatărilor de suprafață deschise în bazinul Oltenia nord a crescut și s-a diversificat din punct de vedere calitativ. În consecință centralele termoelectrice sînt alimentate curent cu un amestec aleator al acestor sorturi de ligniți, ceea ce a impus verificarea liniarității relației :

$$W_t^i = f\,(A^i).$$

Au fost reprezentate grafic circa 4000 umidități totale și cenuși la masa inițială, analizate sistematic de laboratoarele CTE Rovinari pentru cărbunele utilizat timp de circa 2 ani (1980—1981).

Aceste date au fost reprezentate grafic semestrial (fig. 1—4) pentru a scoate în evidență eventualele modificări sistematice privind calitatea ligniților.

Valorile reprezentate grafic sînt rezultatele analizelor efectuate în condiții normale de laborator, pe probe prelevate sistematic și reprezentativ de pe benzile redler, pe cărbune concasat după buncării cazanelor.

Norul de puncte din figurile 1—4 tinde să se așeze cu aproximație pe o dreaptă. Această ipoteză se dovedește atît de evidentă, încît considerăm inutilă o prelucrare statistică laborioasă cu calcule pe mii de puncte.

Forma de variație propusă este : $W_t^i = a + b \cdot A^i$.

Teoretic relația se explică prin ipoteza aditivității conținutului de umiditate a cărbunelui la cele două componente : masa cărbunoasă și masa necărbunoasă.

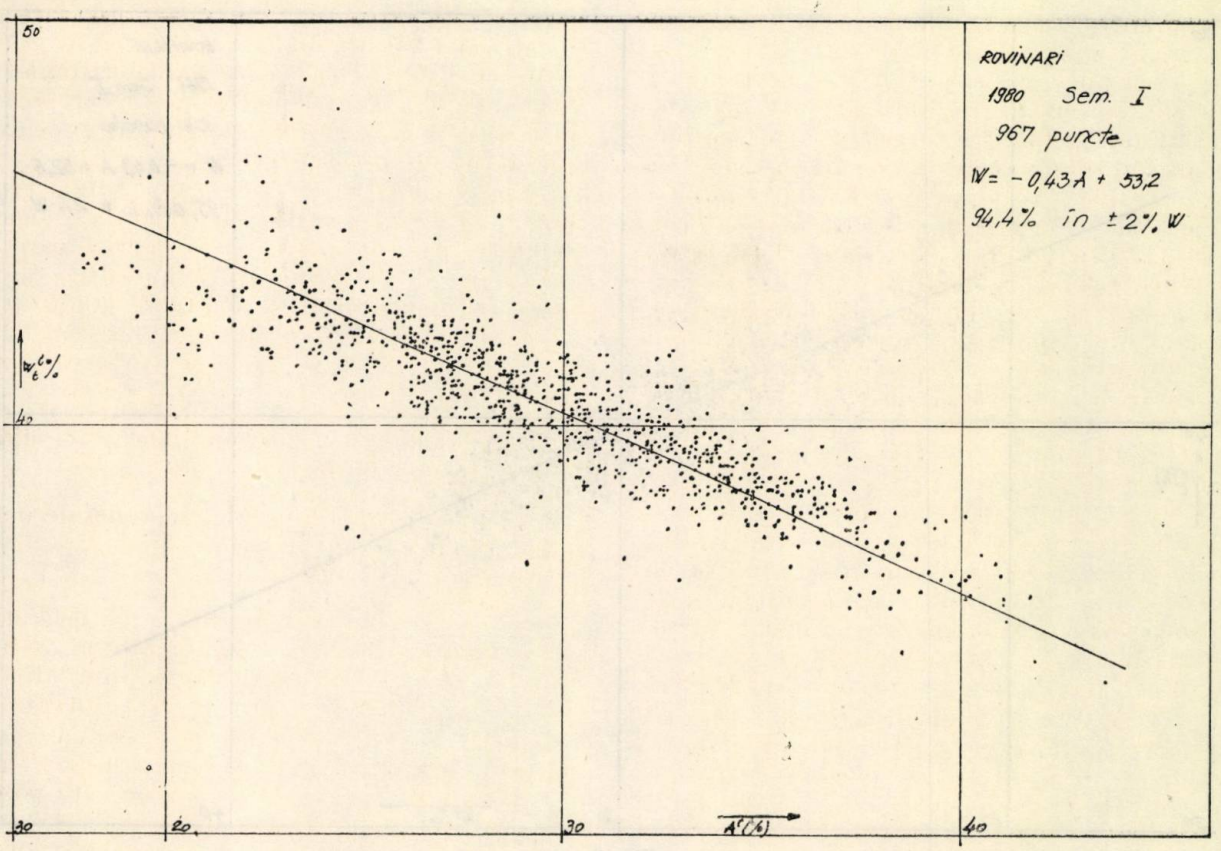

ROVINARI
1980 Sem. I
967 puncte
W = - 0,43 A + 53,2
94,4 % în ± 2% W
50
40
30
20
30
40
A^d(%)

Fig. 1.

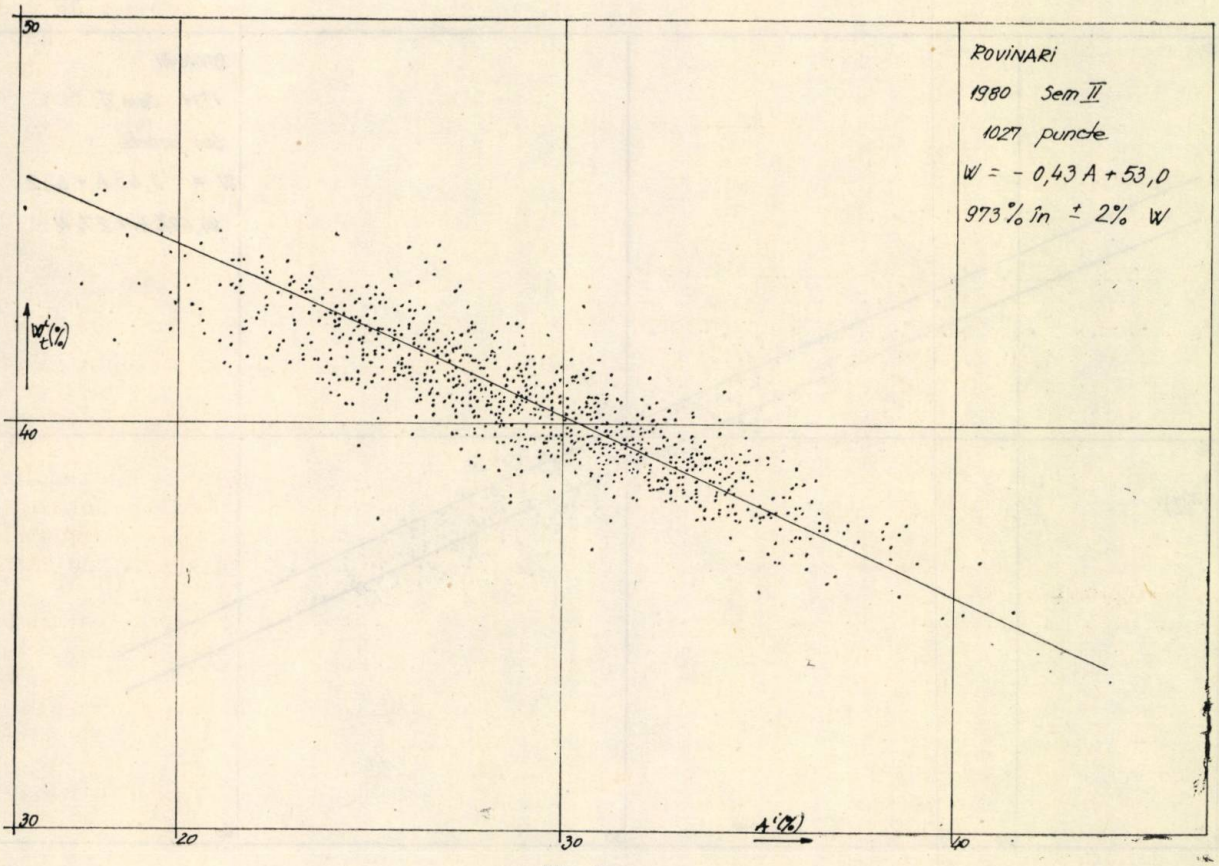

ROVINARI
1980 Sem II
1027 puncte
W = - 0,43 A + 53,0
97,3 % în ± 2% W
50
40
30
20
30
40
A^d(%)

Fig. 2.

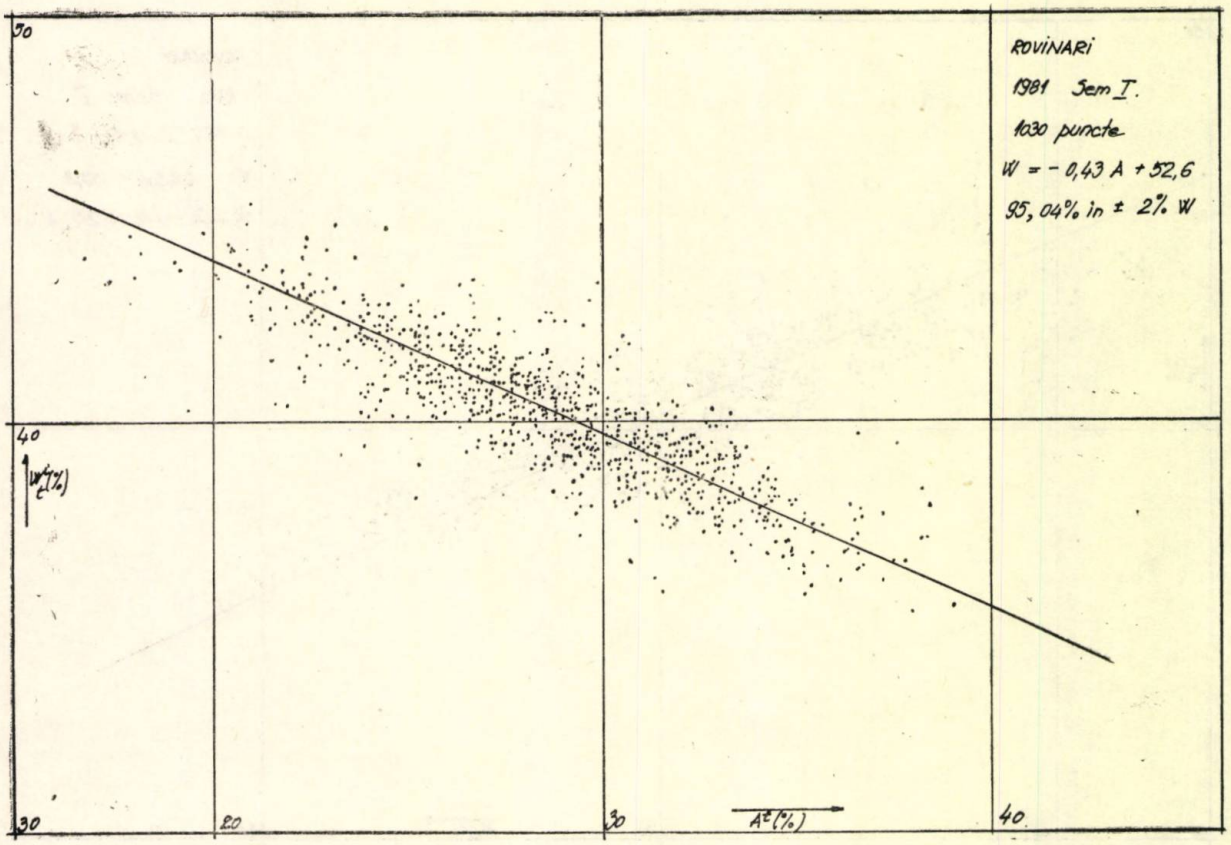

ROVINARI
1981 Sem I.
1030 puncte
W = - 0,43 A + 52,6
95,04% in ± 2% W
50
40
30
20
30
40
W_t^i(%)
A^i(%)

Fig. 3.

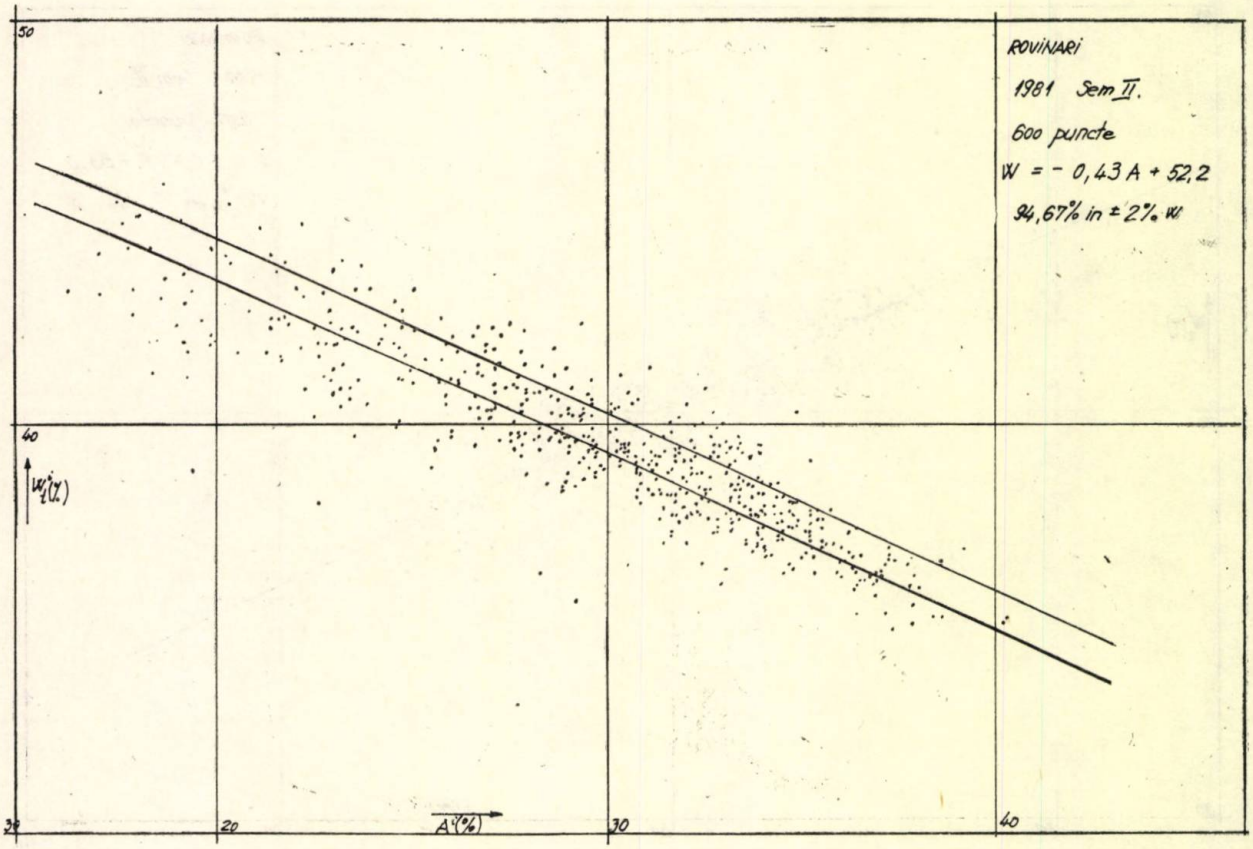

ROVINARI
1981 Sem II.
600 puncte
W = - 0,43 A + 52,2
94,67% in ± 2% W
50
40
30
20
30
40
W_t^i(%)
A^i(%)

Fig. 4.

Principalele componente ale cărbunilor potrivit cărora se poate determina conținutul caloric (puterea calorică) sînt umiditatea, masa cărbunoasă și masa necărbunoasă, aceasta din urmă exprimată într-o primă aproximație prin cenușă.

Motivele pentru care conținutul de cenușă din cărbune obținut prin calcinarea la 850°C nu este identic cu masa necărbunoasă la masa inițială sînt: pierderile de apă legate chimic, pierderile de SO_2, SO_3 și CO_2, fixarea oxigenului de către fier, cationii de aluminiu (Al^{+3}) și calciu (Ca^{+2}), fixarea SO_3, CO_2 etc. [2,3].

O serie dintre aceste cauze duce la scăderea conținutului în cenușă față de „masa necărbunoasă", cu toate că altă serie, mai mică, conduce la o creștere a greutății acesteia, care nu compensează însă prima categorie.

De asemenea, mărimea obținută la starea anhidră pentru un conținut de cenușă nul ($A^{anh} = 0$) nu se referă de fapt la „masa combustibilă", deoarece o mică parte din acestea se va regăsi în cenușă (fier din pirită sulf sub formă de sulfat, nearse etc.). De aceea masa combustibilă nu poate rezulta din analiza tehnică (umiditate, cenușă, putere calorică) și în cele ce urmează se va utiliza termenul de „masă cărbunoasă", pentru partea care rămîne la extrapolarea la 0 a cenușii, și cel de „masă necărbunoasă", pentru partea care variază proporțional cu cenușa.

Se menționează că deosebirile între „masa cărbunoasă" și „masa combustibilă" sînt cu atît mai mici cu cît este mai mic conținutul de cenușă. La ligniții noștri cu cenușă multă deosebirile nu mai sînt neglijabile.

Dacă sub aspect tehnic masa anhidră poate fi asemănată cu un sistem binar, ligniții, în general, pot fi asemănați la starea inițială cu un sistem ternar (apă, cenușă și masa combustibilă) în cazul în care apa variază independent de cenușă și anume pentru ligniții cu un conținut foarte mic de cenușă.

Pentru ligniții noștri proveniți din cariere, la care umiditatea depinde sensibil de cenușă, se justifică ipoteza asemănării acestora cu un sistem binar, format din masă cărbunoasă umedă și masă necărbunoasă umedă, unde, după cum rezultă, umiditatea este aditivă celor două componente, iar umiditatea în exces, neaditivă, este neglijată.

Astfel, ipoteza aditivității proprietăților stă la baza corelației binare între umiditate totală (W_t^i) și cenușa la masa inițială (A^i) atît a ligniților noștri din bazinul Oltenia Nord [2.3], cît și a celor din alte bazine de aceeași vîrstă geologică, ca Tatabani — R.P.U., R.D.G., U.R.S.S. ș.a. [4.5.].

Se notează cu:

W_c [%] — apa din masa umedă cărbunoasă raportată la apa totală;

W_T [%] — apa din masa necărbunoasă umedă raportată la apa totală;

— C [%] — masa cărbunoasă umedă din lignit;

— T [%] — masa necărbunoasă umedă din lignit.

În condițiile în care umiditatea totală la masa inițială a lignitului nu este influențată de excesul de umiditate, rezolvată tehnic prin drenarea exploatărilor de suprafață, aceasta poate fi tratată la rîndul său ca o proprietate aditivă și deci prin înlocuiri și simplificări matematice se poate ajunge la o formulare simplificată:

$$W_t^i = W_c - (W_c - W_T)\frac{T}{100}. \qquad (1)$$

Deci umiditatea este funcție lineară de masa necărbunoasă umedă. Întrucît aceasta nu se determină direct, este necesar a se exprima prin cenușa „A" [2, 3].

Deci ecuația (1) devine în final:

$$W_t^i \leftleftarrows W_c - \frac{W_c - W_T}{100 - W_T} \cdot f(A^i). \qquad (2)$$

Ecuația (2) este relația lineară căutată între umiditatea totală și cenușa raportată la masa inițială. Ordonata la origine este umiditatea masei cărbunoase W_c accesibil experimental prin extrapolarea umidității W_t^i a unor probe cu cenușa diferită, la cenușă nulă ($A^i = 0$).

Putem scrie relația (2) și sub forma:

$$W_t^i = c + bA^i; \qquad (3)$$

$$a_2 = W_c;$$

$$b_2 = \frac{W_c - W_T}{100 - W_T}. \qquad (4)$$

În concluzie, în prelucrarea datelor prezentate grafic (fig. 1—4) și ținînd seama de ipoteza teoretică demonstrată, se desprind următoarele elemente statistice, prezentate succint în tabelul 1:

a. Prelucrarea s-a făcut pe trei grupe de cîte circa 1000 puncte și una de circa 600 puncte (col. 3), fiecare grup reprezentînd valorile obținute din totalul analizelor zilnice efectuate de laboratorul termocentralei într-un semestru.

b. Relațiile de dependență au aceeași pantă, diferind doar constanta care reprezintă umiditatea masei cărbunoase.

Reducerea monotonă scăzătoare a acestei valori poate fi considerată o variație care provine din scăderea umidității structurii geo-

logice în timpul respectiv și ne duce la considerarea ultimei valori (sem. II 1981) pentru ecuația reprezentativă de dependență.

c. Conform coloanei 5, tabelul 1, în toate cele patru cazuri prelucrate, un cuantum de 94 ... 97 % din numărul total de valori intră într-o variație de ± 2 % W față de dreapta de dependență.

d. Corectitudinea trasării dreptei de dependență se demonstrează în coloana 6, care reprezintă numărul de puncte absolut și relativ rămas în afara domeniului $W_t^i(A^i) = \pm 2\%$.

Se observă că valorile sînt simetrice pentru toate grupele prelucrate.

e. În coloana 3 se prezintă domeniul de variație pentru 98 % din numărul de puncte considerat în fiecare grup. Considerînd valorile limită de variație din liniile 1 — 4, 36% și 45%, caloarea medie de 40,5 % umiditate reprezintă întreaga variație cu o eroare de $\pm 4{,}5$ % pentru întregul interval anchetat 1980 — 1981.

f. În concluzie, variația unidității totale a ligniților consumați de temocentrala Rovinari în intervalul 1980 — 1981 se înscrie în :

$$W_t^i = 40{,}5\ \% \pm 4{,}5\ \%.$$

Intervalul de eroare de $\pm 4{,}5\%$ se reduce conform relației :

$$W_t^i = -0{,}43\ A^i + 52{,}2\ , \qquad (5)$$

unde : $a = -0{,}43$, iar $b = 52{,}2$, la $+2\%$ cu un nivel de încredere de 94 — 97 % din numărul determinărilor.

3. Determinarea radiometrică a conținutului de cenușă la masa inițială în laborator

3.1. Principiul metodei

Un flux colimat de radiație gama de energie joasă care pătrunde într-o probă de cărbune, interacționează cu substanța și se atenuează cu atît mai puternic cu cît în compoziția cărbunelui există un conținut mai mare de elemente cu numărul atomic „Z" mai mare.

Odată cu atenuarea, radiația gama suferă și o dispersie, respectiv o împrăștiere în toate direcțiile. Fluxul împrăștiat se atenuează, de asemenea, și va fi recepționat de un detector plasat pe aceeași parte a materialului într-o geometrie convenabilă.

Funcția de dependența de „Z" $R = f(Z)$ este construită experimental în figura 5. Pe baza curbei $R = f(Z)$, considerînd cărbunele brut ca un amestec binar, carbon + cenușă, determinarea conținutului de cenușă se face pe o curbă $R = f(A)$ (în medalion fig. 5), care variază între R (viteza de numărare) pentru $Z = 6$ al carbonului (100% C) și R pentru Z corespunzător complexului de elemente din compoziția cenușii (100% A).

În figura 6 se prezintă sintetic compoziția combustibilului natural brut în viziunea analizelor elementare clasice (linia de calibrare) și în viziunea determinării radiometrice (linia de verificare). Practic, considerăm cărbunele natural ca o combinație de patru faze : carbon + cenușă + gaze + apă.

Faza gazoasă, văzută din punctul de vedere al compoziției elementare, este constantă pentru cărbunii de același tip (lignit, huilă etc.), faza

Tabelul 1

Nr. crt.	Perioadă probe	Nr. de puncte	Interval de W care cuprinde 98 % din valori	Relația $W_t^i = f(A^i)$	Număr de probe relativ cuprins în intervalul $\pm 2\% W$	Număr de puncte deasupra intervalului / Număr de probe sub interval
0	1	2	3	4	5	6
1	Rovinari Sem. I/80	967	36 % ... 45 % $W_t^i = 40{,}5 \pm 4{,}5\%$ $\Sigma = (11{,}1\%)$	$W_t^i = -0{,}43\ A^i + 53{,}2$	94,4 %	$\frac{26}{21} = \frac{3{,}6\%}{2{,}1\%}$
2	Rovinari Sem. II/80	1027	36,5 % ... 44 % $W_t^i = 40{,}25 \pm 3{,}75\%$ $\Sigma = (9{,}3\%)$	$W_t^i = -0{,}43\ A^i + 53$	97,3 %	$\frac{14}{14} = \frac{1{,}4\%}{1{,}4\%}$
3	Rovinari Sem. I/1981	1030	36,5 % ... 44 % $W_t^i = 40{,}25 \pm 3{,}75\%$ $\Sigma = (9{,}3\%)$	$W_t^i = -0{,}43\ A^i + 52{,}6$	95 %	$\frac{32}{19} = \frac{3{,}1\%}{1{,}8\%}$
4	Rovinari Sem. II/81	600 (lunile VII—X)	36 % ... 44 % $W_t^i = 40\% \pm 4\%$ $\Sigma = (10\%)$	$W_t^i = -0{,}43\ A^i + 52{,}2$	94,7 %	$\frac{14}{18} = \frac{2{,}3\%}{3\%}$
5	Proba medie	3624 nr. total puncte	$W_t^i = 40{,}5 \pm 4{,}5\%$ $\Sigma = (11\%)$			

de apă are numărul atomic „Z" apropiat de al cărbunelui, ceea ce duce la o măsurare pe amestec și faza carbon + cenușă.

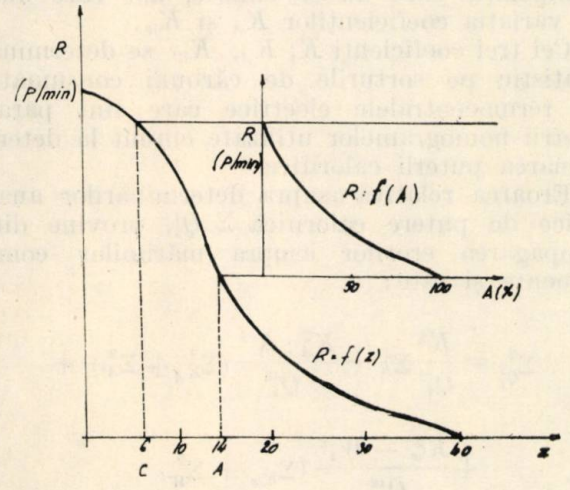


Fig. 5.

mai mic decît al primelor două, compensează conținutul elementelor cu Z mai mare și în general toate se găsesc în zona apropiată de Z al celor două componente principale (fig. 5).

Singurul compus a cărui prezență poate produce variații sensibile în măsurătorile de conținut de cenușă este Fe, care, după cum se poate urmări pe curba din figura 5, are $Z = 26$, deci are valori substanțial diferite de celelalte elemente majoritare, putînd influența astfel răspunsul pentru limita curbei 100% cenușă.

Conținutul de fier în cenușă are valori aproximativ constante pe diverse structuri geologice; de exemplu zăcămintele de huilă din bazinul Petroșani au circa 10—11% Fe_2O_3, iar zăcămintele de ligniți din Oltenia — circa 7%.

Măsurările radiometrice de conținut de cenușă se fac pe baza unor curbe de calibrare ana-

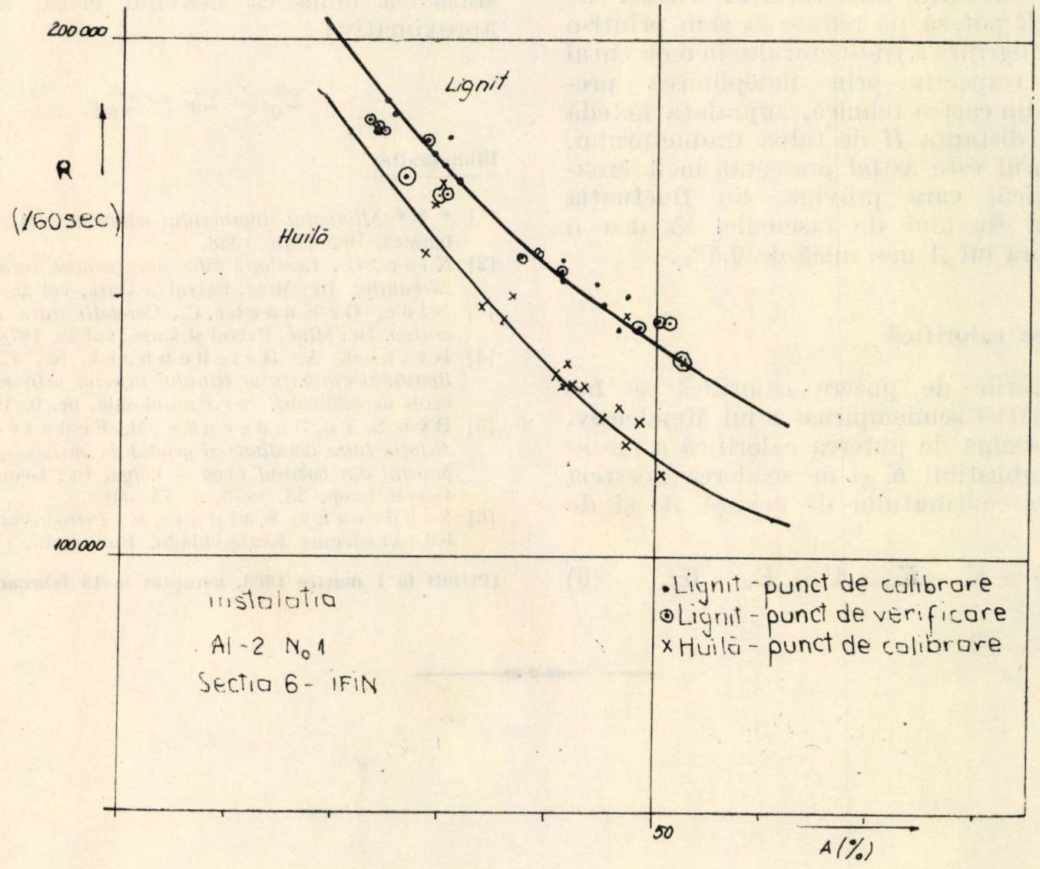


Fig. 6

litice corespunzătoare unor conținuturi de fier determinate sistematic, pe probe reprezentative.

Cenușa are SiO_2 și Al_2O_3 în compoziția ei în proporție de 70—80 %; în ceea ce privește celelalte elemente, în principiu cele cu „Z"

Față de metodele clasice, măsurarea radiometrică a conținutului de cenușă prezintă următoarele caracteristici:

— este obiectivă, adică măsoară materialul care se prezintă traductorului;

— este rapidă, rezultatele pot fi obținute chiar într-un timp de ordinul de mărime al secundelor;

— este nedistructivă, nu necesită o prelucrare laborioasă a probelor;

— este reprezentativă, măsoară pe un domeniu de investigație de ordinul de mărime a circa 5 kg.

3.2. Erori de măsurare

La măsurarea radiometrică a conținutului de cenușă din cărbuni erorile pot proveni din variația vitezei de măsurare R corespunzătoare fluxului detectat și din variația compoziției cenușii, respectiv a conținutului de Fe_2O_3, față de valoarea pentru care s-a făcut calibrarea.

Erorile provenite din variația vitezei de numărare R pot să fie reduse la zero printr-o manevrare îngrijită a traductorului în momentul măsurării, respectiv prin îndeplinirea prescripțiilor din cartea tehnică, suprafața netedă și plană la distanța H de talpa traductorului.

Traductorul este astfel proiectat încît eroarea statistică, care provine din fluctuația statistică a fluxului de fascicule, să dea o eroare asupra lui A mai mică de 0,5 %.

4. Puterea calorifică

Determinările de putere calorifică se fac pe baza relației semiempirice a lui Mendeleev, ținîndu-se seama de puterea calorifică a materialului combustibil K și de scăderea acesteia în prezența conținutului de cenușă A^i și de apă W_t.

$$Q_i^i = K - K_A \cdot A^i - K_W \cdot W_t^i. \qquad (6)$$

În această relație intră indirect conținutul de hidrogen variabil în diferite sorturi de cărbune și, de asemenea, caracteristicile de compoziție care nu se cunosc, dar care duc la variația coeficienților K_A și K_W.

Cei trei coeficienți K, K_A, K_W se determină statistic pe sorturile de cărbuni consumate în termocentralele electrice care sînt parametrii nomogramelor utilizate curent la determinarea puterii calorifice.

Eroarea relativă asupra determinărilor analitice de putere calorifică ΣQ_i^i, provine din propagarea erorilor asupra mărimilor componente și este:

$$\Sigma^2_{Q_i^i} = \frac{K^2}{Q_i^{i2}}\Sigma_K^2 + \frac{K_A^2 \cdot A^{i2}}{Q_i^{i2}}(\Sigma^2_{K_A} + \Sigma^2_{A^i}) +$$

$$+ \frac{K_w^2 - W_t^{i2}}{Q_i^{i2}}(\Sigma_{K_w} + \Sigma^2_{W^i}$$

Considerînd coeficienții determinați cu o statistică bună ca neavînd erori, se obține aproximativ:

$$\Sigma^2_{Q_i^i} = \Sigma^2_{A^i} + \Sigma^2_{W_t^i}. \qquad (8)$$

Bibliografie

[1] * * * *Manualul inginerului chimist*, vol II. Editura tehnică, București, 1958.

[2] Niac, G., *Corelații între proprietățile caracteristice ale cărbunilor*. In: Mine, Petrol și Gaze, vol 28, 1977, nr. 6.

[3] Niac, G., Enache, C., *Corelații între umiditate și cenușă*. In: Mine, Petrol și Gaze, vol 29, 1978, nr. 1.

[4] Kethen, A. Reichenback, K., *Caracterizarea lignitului din bazinul Rinului inferior prin măsuri dependente de adîncime*. In: Braunkohle, nr. 9, 1974, p. 263.

[5] Byk, S. Yu, Rodeenke, M., Feduschak, L. M. *Relația între umiditate și gradul de metamorfozare a cărbunelui din bazinul Lvov — Volga*. In: Geol. Geochimie Gornîi Istop, 36, 1973, p. 75—80.

[6] Szadeczky, Kardoss, E. *Petrografia cărbunilor*. Ed. Akademiei Kcznyvkiado, Budapesta.

(Primit la 1 martie 1983, acceptat la 14 februarie 1984)

Dimensionarea optimă a instalaţie de by-pass medie-joasă presiune din schemele turbinelor cu abur

Dr. ing. Abdulah Nabijovici*

The Optimal Dimensioning of the Medium-Low Pressure By-Pass Installation of Steam Turbines Schemes

(Condensed from the paper in Romanian)

In the first part of the paper the main criteria considered for the optimal by-pass installation are presented, criteria conected to general aspects (reliability, economical) as well as to the peculiarities specific for the different schemes. In the second part an optimization method for the by-pass installation dimensioning from the point of view of the capacity is proposed, taking into account the installation life, the number of normal starts and stops, the turbine installation failure probability and the boilers' characteristics as well as the condenser's dimensioning manner.

Further the general dimensioning manner for every component of the installation is presented, with special reference to an optimized capacity installation, presenting the main theoretical problems characteristical for the phenomenon occuring in the respective element and applying, where necessary, a comparative analysis of the utilization of the different components.

Finally, aspects connected to noise generation are considered theoretically and the solutions used for the diminishing of this phenomenon are presented.

Generalităţi

Principalele criterii care stau la baza dimensionării instalaţiei de by-pass este fiabilitatea blocului şi criteriul economic. Dacă instalaţia de by-pass de înaltă presiune este legată strict de cazan, fiind impusă de constructorul acestuia pentru protecţia supraîncălzitorului intermediar sau ca element de pornire, instalaţia de by-pass de medie-joasă presiune este dimensionată de către cel care concepe schema termică care trebuie să ţină seama de modul de pornire a turbinei (prin corpul de MP sau de IP), destinaţia turbinei : funcţionează în regim de bază (deci număr mic de porniri-opriri) sau în regim de două schimburi zilnice (număr maxim de porniri-opriri) ; construcţia turbinei (material rotor) ; capacitatea condensatorului (dacă poate prelua şi pînă la ce limită debitul de abur descărcat de instalaţia de by-pass) ; spaţiul de care se dispune în sală ; dimensiunile conductelor de abur spre by-pass ; posibilitatea de asigurare a apei pentru injecţia de răcire a aburului ce trece prin by-pass şi de caracteristicile externe ale cazanului (debit de descărca e-timp ; variaţia parametrilor funcţie de timp la pornire-oprire, debitul minim prin supraîncălzitorul intermediar în regim de durată). Toate aceste elemente trebuie bine cunoscute în vederea determinării capacităţii necesare pentru instalaţia de by-pass de medie-joasă presiune. Odată cu stabilirea capacităţii acesteia se definesc şi capacităţile necesare pentru supapele de descărcare.

1. Optimizarea dimensionării capacităţii instalaţiei by-pass de medie-joasă presiune

Aşa cum s-a arătat, scopul instalaţiei de by-pass medie-joasă presiune este acela de a conduce o parte sau întreg debitul de abur al supraîncălzitorului intermediar (sau al generatorului de abur) la condensator, ocolind turbina în următoarele situaţii :

— la pornirea şi oprirea blocului ;

— în cazul unei descărcări bruşte (aruncare de sarcină) a turbinei ţinînd seama de toate influenţele arătate.

Considerînd că se dispune de diagrama de pornire a blocului se definesc următoarele mărimi adimensionale :

Φ_1 — coeficientul de utilizare a capacităţii by-pass-ului la pornirea de la rece ;

Φ_2 — coeficient de utilizare a capacităţi by-pass-ului la pornirea de la cald ;

Φ_3 — coeficient de utilizare a capacităţii by-pass-ului la oprirea normală, determinate astfel :

$$\Phi_1 = \frac{D_t'}{D_x}\ ;\quad \Phi_2 = \frac{D_t''}{D_x}\ ;\quad \Phi_3 = \frac{D_t'''}{D_x}$$

unde :

D_x este capacitatea by-pass-ului de medie-joasă presiune care urmează să se determine ;

D_t', D_t'', D_t''' — cantităţile de abur ce trec prin instalaţia de by-pass la pornirea de la cald, rece, respectiv la oprire, determinate prin planimetrarea suprafeţelor din diagramele de pornire-oprire în perioada în care acesta funcţionează.

Funcţie de destinaţia blocului se precizează ca valori estimative pentru un an de funcţionare a grupului numărul de porniri-opriri astfel :

n_1 — numărul de porniri pe an din stare rece ;

n_2 — numărul de porniri pe an din stare caldă ;

n_3 — numărul de opriri normale pe an.

Se cunoaşte curba de descărcare a debitului supraîncălzitorului intermediar în cazul unei declanşări de la sarcina nominală şi se dispune statistic pentru grupuri similare de probabilitatea defectării cu aruncare de sarcină în intervalul (0,t = 8760 h).

* Ing. Abdulah Nabijovici — ICSITEE

Presupunînd că :

$Pb\ (t)$ este probabilitatea defectării blocului în intervalul (0,t 8760 h) cu aruncare de sarcină și că această probabilitate admite o repartiție de densitate continuă $q(t)$, cantitatea maximă de abur ce poate fi recuperată în cazul declanșărilor bruște este dată de relația :

$$D_{rd} = q(t)\ D_p, \qquad (1)$$

unde :

D_{rd} — este cantitatea maximă anuală probabilă a fi recuperată în cazul declanșărilor bruște ;

D_p — cantitatea de abur ce nu se recuperează în cazul unei declanșări de la sarcina nominală :

$$D_p = \int_0^{t_1} f(t)dt - D_x \cdot t_1,$$

unde :

$f(t)$ este ecuația caracteristică ce descrie curba de descărcare a debitului supraîncălzitorului intermediar ;

t_1 — timpul necesar ca by-pass-ul de medie-joasă presiune să intre în funcțiune.

Relația (1) se poate scrie :

$$D_{rd} = q(t) \left[\int_0^{t_1} f(t)dt - D_x \cdot t_1 \right].$$

Supradimensionarea condensatorului pentru preluarea debitului D_x al instalației de by-pass medie-joasă presiune rezultă din relația :

$$\Delta S = \frac{(D_x^* - D_{cd})\ (i_b^1 - i'_{cd})}{k\Delta t_{med}},$$

unde : D_{cd} este debitul de abur pentru care a fost dimensionat condensatorul (valoarea rezultată din calculul circuitului termic) ;

i_b — entalpia abului eșapat de by-pass spre condensator ;

i'_{cd} — entalpia condensatului din condensator (corespunzătoare vidului admis la funcționarea cu by-pass) ;

k — coeficientul global de schimb de căldură de dimensionare a condensatorului ;

Δt_{med} — este diferența medie logaritmică a temperaturilor din condensator în cazul utilizării by-pass-ului ;

D_d^* — este debitul de abur la intrarea în condensator (incluzînd și debitul de apă de injecție pentru răcire).

Se remarcă faptul că supradimensionarea condensatorului se ia în considerare numai pentru cazul $\Delta S > 0$.

În cazul utilizării instalației de by-pass este necesar un debit de apă de injecție pentru răcirea aburului. Debitul de apă pentru injecție se determină din bilanțul pe instalația de reducere-răcire ; astfel referindu-ne la figura 1 bilanțul se scrie astfel :

$$D_x i_0^* + Y i_1 = (1-a) Y i'_2 + [(D_x + aY)\ x i''_2 + (1-x)\ (D_x + aY) i'_2],$$

unde : Y este debitul de apă de injecție (kg/s) ;

i_0^* — entalpia aburului la intrarea în instalația de by-pass (kj/kg) ;

i_1 — entalpia apei de injecție (kj/kg) ;

„a" — coeficientul de utilizare a apei de injecție ;

i'_2 — entalpia apei ce nu se vaporizează în duzele de injecție (kj/kg) ;

„x" — titlul aburului la ieșirea din instalația by-pass ;

i''_2 — entalpia aburului la ieșirea din instalația de by-pass (kj/kg) ;

i'_2 — entalpia apei ce se găsește în abur (aburul nefiind complet uscat) la starea de saturație pentru presiunea de eșapare din instalație.

Rezultă :

$$Y = D_x \frac{i_0 - y i''_2 - (1-x) i'_2}{(1-a) i'_2 + a x i''_2 + (1-x) a i'_{2a} - i_1}, \text{ (kg/s)}$$

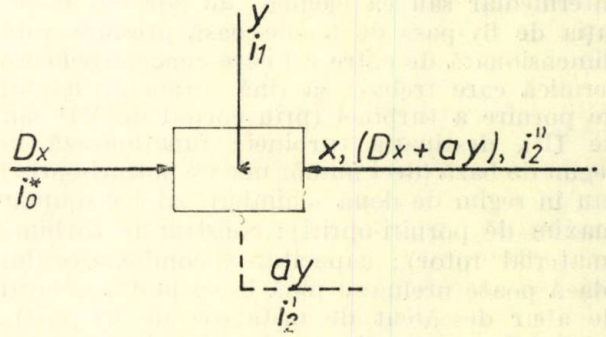


Fig. 1. Schema pentru calculul debitului de apă de injecție.

apă care trebuie preluată de pompa care asigură acest debit (de obicei pompa de condensat treapta a II-a) consumînd suplimentar energie față de regimul normal. Consumul de energie în acest caz :

$$P_c = \frac{Y \cdot H}{\eta p},$$

fără a se ține seama de variația randamentului pompei de condensat (H fiind înălțimea de pompare).

Determinarea debitului optim pentru instalația de by-pass se face utilizînd funcția costurilor anuale :

$$C = D_x [n_1 \Phi_1 + n_2 \Phi_2 + n_3 \Phi_3 + q(t) t_d]\, C_x - \frac{(D_x - D_{cd})\ (i''_{cd} - i'_{cd})}{k\Delta t_{med}} \times \times \alpha C_s - \frac{YH}{\eta p} C_e - \alpha C_b \cdot D_x,$$

unde: C_x; C_s; C_e; C_c sînt, respectiv, costurile unității de condens recuperat, de suprafața în condensator, de energie electrică pentru pompare și a unității by-pass;

α — coeficientul de amortizare anual.

Se pune condiția min. C, de unde rezultă valoarea optimă pentru D_x. Determinarea debitului D_x este condiționată și de valoarea minimă a debitului prin supraîncălzitorul intermediar D_{si}^{min} stabilită de cazan. În cazul în care $D_x > D_{si}^{min}$, se admite valoarea D_x; în cazul în care din calcul $D_x < D_{si}^{min}$, se admite pentru D_x valoarea $D_x = D_{si}^{min}$, din motive de siguranță a cazanului.

2. Dimensionarea generală optimă a echipamentelor instalației de by-pass

Prin dimensionarea generală a instalație de by-pass se înțelege stabilirea numărului de trepte de reducere a presiunii necesar într-o instalație, precum și a principalelor dimensiuni ale acestora numai din calculul funcțional, fără a extinde calculul asupra elementelor de rezistență.

Elementele de reducere a presiunii

Dacă se consideră presiunea la intrarea în instalație p_0 și presiunea la evacuare (spre condensator) p_e, instalația de reducere a presiunii trebuie să asigure reducerea de presiune de la p_0 la p_e.

Avînd în vedere că în fiecare element reducerea presiunii se face pînă la presiunea critică, numărul de trepte de laminare se calculează cu relația:

$$n = \frac{\log p_0/p_{0d}}{\log\left(\frac{p_2}{p_0}\right)_{\text{critic}}},$$

unde p_{0d} este presiunea admisă la ieșirea din instalația de by-pass;

(p_2/p_0) critic — raportul critic al presiunilor în regim de laminare.

În cazul unei curgeri sonice secțiunea de trecere a elementelor de laminare:

$$F_{tot} = \frac{D_x}{7{,}53 \cdot 10^{-4}\, \Phi \sqrt{p_2/v_2}}, \qquad (m^2)$$

unde: D_x este debitul de abur, în t/h, care trece prin elementul de laminare;

Φ — un coeficient de debit;

p_2, v_2 — presiunea, respectiv volumul specific al aburului la ieșirea din elementul de laminare (p în MPa; v în m^3/kg).

În general nu se cunoaște coeficientul de debit și atunci practic se calculează un coeficient de debit echivalent cu relațiile:

$$k_v = \frac{D_x}{31{,}6}\sqrt{\frac{v}{p}}, \text{ pentru } p_2 \geq 0{,}5\ p_0;$$

$$k_v = \frac{D_x}{22{,}4}\sqrt{\frac{1}{T_0\left(\frac{p_2}{p_0}\right)_{\text{critic}}}}, \text{ pentru } p_2 < 0{,}5\ p_0,$$

determinîndu-se diametrul nominal al secțiunii din tabelele de conversie corespunzătoare relațiilor de calcul. Pentru relațiile k_v datele de trecere sînt indicate în tabelele 1.1. și 1.2.

Tabelulul 1.1.

K_{VS} / DN	0,16	0,25	0,40	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3	10	16	25	40	63	100	160	250	400	630
15	3	3	3	3	3	4	5	6	8	10	12	15							
20	3	3	3	3	3	4	5	6	8	10	12	15	20						
25	3	3	3	3	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25					
32									8	10	12	15	20	25	32				
40												15	20	25	32	40			
50													20	25	32	40	50		
65														25	32	40	50	65	
80															32	40	50	65	80
100																40	50	65	80
125																	50	65	80
150																			
200																			

Tabelul 1.2.

DN	50	65	80	100	125	150	200	250	300
K_{VS}	70	110	170	300	450	700	1200	2000	2800
DN	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
K_{VS}	3600	4500	6000	7500	11000	15000	20000	25000	30000

Pentru instalația de by-pass în elementul de laminare ce se realizează sub forma unui ventil de reglare are loc, de regulă, laminarea cea mai puternică, fapt ce convine din două motive: în primul rînd creează un interval mare al domeniului de reglare (p_0 la $p_0/_2$), în al doilea rînd, datorită parametrilor ridicați (p_0, t_0), volumul specific este mai mic, deci elementul de reglare are dimensiuni acceptabile. În acest element are loc, în general, curgerea critică. Alegerea modului constructiv a robinetului de reglare are la bază experimentări asupra modului de evoluție a presiunii în acestea [5].

Termodinamica arată că la formarea unor locuri de laminare realizate într-un mod adecvat în lungul curgerii unui fluid (abur) presiunea se transformă în viteză, iar aceasta din nou în presiune cu anumite pierderi, dar această posibilitate este limitată. Dacă se leagă imediat lîngă secțiunea de laminare (vena contracta) un difuzor cu un unghi de deschidere mic, atunci acesta se comportă asemănător unei duze, atîta timp cît în „vena contracta" nu există Mach = 1. Aceasta înseamnă că odată cu creșterea secțiunii, fluxul este încetinit, iar presiunea și densitatea cresc. Dacă însă aburul intră cu viteza sunetului în difuzor atunci el expandează cu scăderea presiunii și creșterea vitezei la Mach > 1. Dacă după difuzor se leagă o conductă dimensionată pentru viteze normale ale aburului

30 ÷ 70 m/s), curentul de abur cu viteză mare (circa 500 m/s) întîlnește curentul cu viteză mică și trebuie să fie frînat; această frînare se face cu pierderi datorită undei de șoc și turbionării (pierderi dorite într-o instalație de by-pass) și este însoțită de zgomot puternic.

În [3] se descriu astfel de efecte la un ventil de colț cu carcasă difuzor și cu intrarea în conductă printr-un difuzor, conform figurii 2, difuzor care reduce viteza la ieșire la viteza conductei.

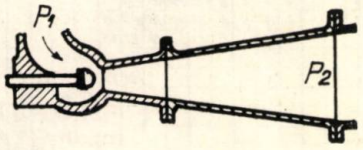


Fig. 2. Robinet de colț (schematic) cu carcasă conică și admisie în conductă prin difuzor.

Studiul modului de variație a presiunii a condus la curbele din figura 3, unde se observă că fluidul este accelerat în continuare și presiunea redusă mult sub presiunea dorită

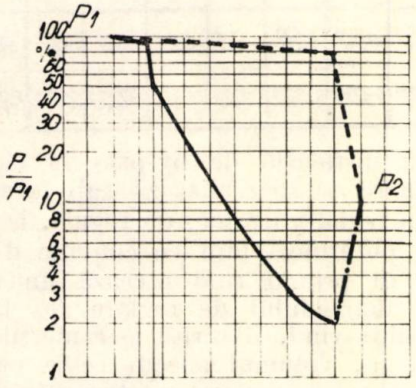


Fig. 3. Evoluția presiunilor în instalația prezentată în figura 19.

la ieșire (p_2). Reducerea de la p_0 la p_2 are loc numai circa 10% în elementul de laminare și predomină prin pierderile în cele două difuzoare. Elementul de laminare transformă energia de compresiune în energie cinetică; restul ajunge în difuzor și în conductă. Un astfel de ventil nu este însă cel mai indicat să reducă presiuni.

Mult mai bine în acest caz se comportă un robinet de tipul celui arătat în figura 4.

De asemenea și la acesta viteza sunetului se manifestă în secțiunea transversală cea mai mică. După o ușoară recuperare a presiunii (fenomenul este descris în fig. 5) ea scade

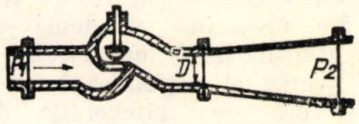


Fig. 4. Robinet drept (schematic) cu carcasă cilindrică și admisie în conductă prin difuzor.

datorită pierderilor în carcasă pînă la ieșirea din ventil. Deoarece secțiunea transversală a ventilului este de obicei cilindrică sau se reduce pînă la ieșire, rămîne normal raportul între presiune și viteză. Pentru difuzorul de admisie în conductă sînt valabile aceleași considerente ca și în cazul anterior.

Totuși, în practică se preferă robinete de primul tip din motive de spațiu (ocupă spațiu mai puțin) și realizare constructivă (necesită elemente de acționare de mai mică putere decît în cel de al doilea caz).

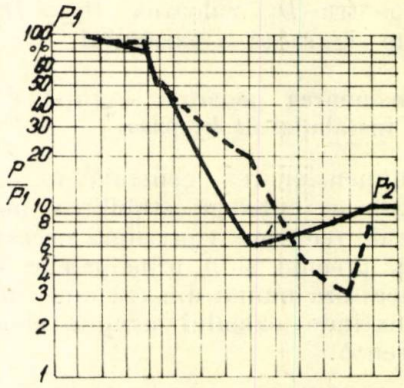


Fig. 5. Evoluția presiunilor în instalația prezentată în figura 21.

Alegerea practică a sitelor de laminare optime depinde de mai mulți factori, și anume: raportul secțiune liberă-secțiune ocupată; numărul și diametrul găurilor; modul de realizare a găurilor; dacă găurile sînt vecine sau nu.

Dacă ne referim la raportul secțiune liberă (suprafața găurilor) — secțiune ocupată este bine să se precizeze că, în urma studiilor efectuate, s-a demonstrat că, din acest punct de vedere, placa este optimă dacă:

$$\Sigma f_{gaură} \leqslant \frac{F_{tot}}{2},$$

unde: $f_{gaură}$ — este suprafața de trecere a unei găuri;

F_{tot} — suprafața totală activă a plăcii.

Simultan cu relația de mai sus este necesar să fie îndeplinită și condiția de vecinătate a găurilor (numărul găurilor). Se definesc găuri vecine într-o placă, găurile al căror număr satisfac condiția:

$$n > \frac{D_n}{25},$$

iar nevecine găurile al căror număr satisfac condiția:

$$n < \frac{D_n}{25},$$

unde: n este numărul de găuri;

D_n — diametrul activ al plăcii.

Din acest punct de vedere, plăcile utilizate ca dispozitive de laminare pentru cazurile obișnuite sînt optimizate de către constructor,

beneficiarul urmînd să-şi aleagă placa dintr-o serie de plăci existente pentru debite şi parametri destul de diferenţiaţi. Spre exemplu se prezintă mai jos o gamă de astfel de plăci arătate în figura 6, executate din 13CrMo44, cu caracteristicile din tabelul 2.

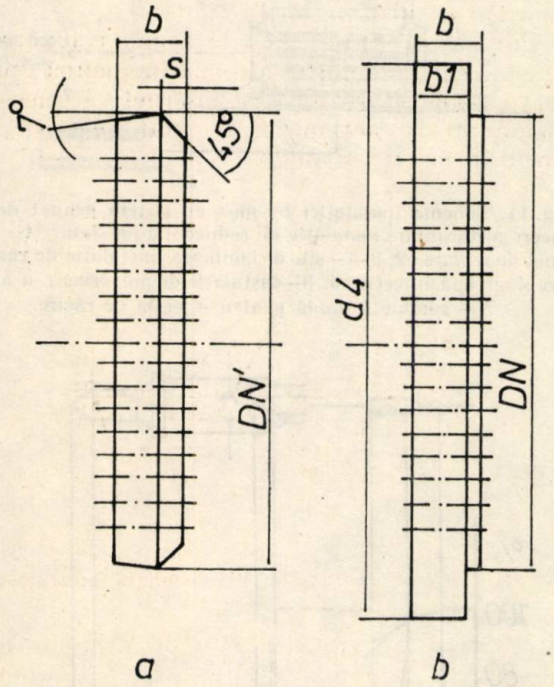


Fig. 6. Site de laminare: a — pentru sudat; b — pentru prins între flanşe.

Tabelul 2

DN	Găuri			Δp max. MPa	Plăci pentru sudat				Plăci pentru flanşe			
	Nr.	ϕ mm	supr. mm²		b	s	Grosimile (g) max.	Grosimile (g) min.	b	b_1	Grosimile (g) max.	Grosimile (g) min.
50	37	4	465	3,0	10	3	0,15	0,11	10	8	0,55	0,38
65	61	4,4	928	3,0	10	3	0,25	0,20	10	8	0,78	0,56
80	73	5	1430	3,0	12	4	0,45	0,30	12	10	1,3	0,9
100	121	5	2375	3,0	15	5	0,8	0,6	15	12	2,3	1,6
125	163	5,3	3600	3,0	18	6	1,6	1,2	18	15	3,7	3,0
150	193	6	5460	2,5	20	7	2,6	1,8	20	17	5,6	4,0
200	253	7	9740	2,5	25	8	5,9	4,0	25	22	12	8,0
250	313	8	15700	2,5	30	10	10,8	7,3	30	27	21	14
300	361	9	22950	2,5	36	12	19	13	36	33	36	23
350	409	10	32100	2,0	38	12	27	18	38	35	50	30
400	439	11	41600	2,0	43	12	41	27	43	40	74	43
450	475	12	53700	1,6	43	12	51	34	43	40	–	–
500	511	13	67900	1,6	48	12	71	47	48	45	110	70
550	547	14	84200	1,3	48	12	86	55	48	45	–	–
600	559	15	98800	1,1	48	12	103	67	48	45	156	94
650	583	16	117200	0,95	48	12	121	78	48	45	–	–
700	595	17	135000	0,8	48	12	141	91	48	45	205	124
750	637	18	162000	0,7	48	12	162	103	48	45	–	–
800	649	19	184400	0,6	48	12	185	120	48	45	267	159

Pentru alte condiţii de temperatură se indică factori de corecţie care se aplică asupra valorii pentru Δp, factori ce se determină din diagrama din figura 7.

Din punctul de vedere al realizării găurilor se remarcă faptul că, de regulă, acestea se

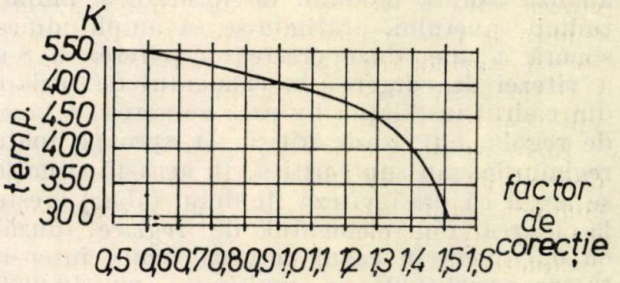


Fig. 7. Factorul de corecţie pentru alegerea sitelor de laminare.

pot realiza sub patru forme (fig. 8 a,b,c,d).

Alegerea sistemului optim pentru secţiunea găurii depinde în mare măsură de celelalte

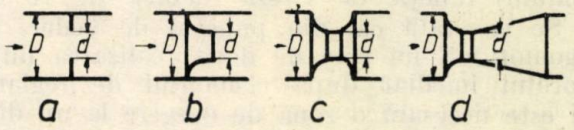


Fig. 8. Modul de execuţie a găurilor în sitele de laminare.

condiţii impuse plăcii şi de pierderea de presiune care are loc într-un anumit tip de gaură.

În figura 9 se arată variaţia presiunii la trecerea aburului printr-o gaură considerată singură.

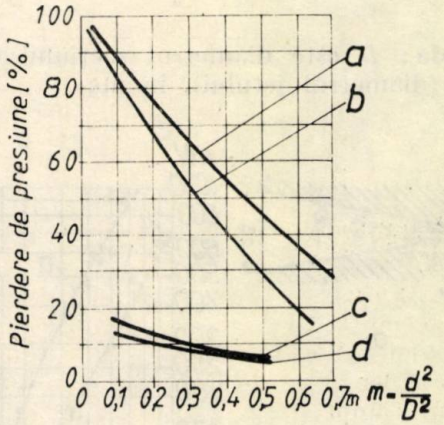


Fig. 9. Variaţia presiunii în tipurile de găuri din sitele de laminare prezentate în figura 25 (găurile au fost considerate singulare).

Intercondiţionarea cu ceilalţi factori apare din condiţia ca placa perforată să realizeze o anumită pierdere de presiune, pentru un anumit număr de găuri, o anumită secţiune a găurii, modul de realizare fiind factorul care poate corecta întreg ansamblul pentru realizarea scopului propus. Se menţionează că pentru plăcile indicate în tabelul 2 găurile sînt realizate sub forma b din figura 8.

Apariţia zgomotului prezintă o problemă deosebită în cazul instalaţiei de by-pass, în

care aburul curge cu mare viteză, elementele de laminare lucrînd ca duze. În [4] se prezintă analiza asupra modului de formare și amplitudinii sunetului, arătîndu-se că amplitudinea sonoră a unei duze crește cu puterea a 8-a a vitezei de curgere; în elementul de reglare din cadrul instalației by-pass curgerea se face, de regulă, cu viteză critică, la aproape toate regimurile, sau supracritică. În această situație se arată că dacă viteza fluidului (abur) crește la ieșirea din elementul de reglare (duză) cu 0,3 Mach în cazul curgerii sonice intensitatea zgomotului se multiplică cu 16 000. În domeniul curgerilor supracritice nivelul sonic crește în continuare cu puterea 6,5. În [4] se prezintă, pentru două tipuri de ajutaje arătate în figura 10 a,b, modul de variație a intensității sonore (prin măsurarea amplitudinii) funcție de viteză (debit) (fig 10 c).

Se constată că, din punctul de vedere al zgomotului, nu este de dorit realizarea difuzorului imediat după elementul de reglare, ci este necesară o zonă de curgere la un diametru constant, după care se intră în difuzor (fig. 11 și fig. 12).

Nivelul de zgomot în instalația de by-pass se poate determina utilizînd relația [2], care permite calculul puterii sonore:

$$P_s = kD^2 \frac{\rho_0^2 \cdot W_D^2}{\rho_u \cdot C_a^2}, \qquad (W)$$

unde: D este diametrul secțiunii de scurgere (diametrul jetului), în m;

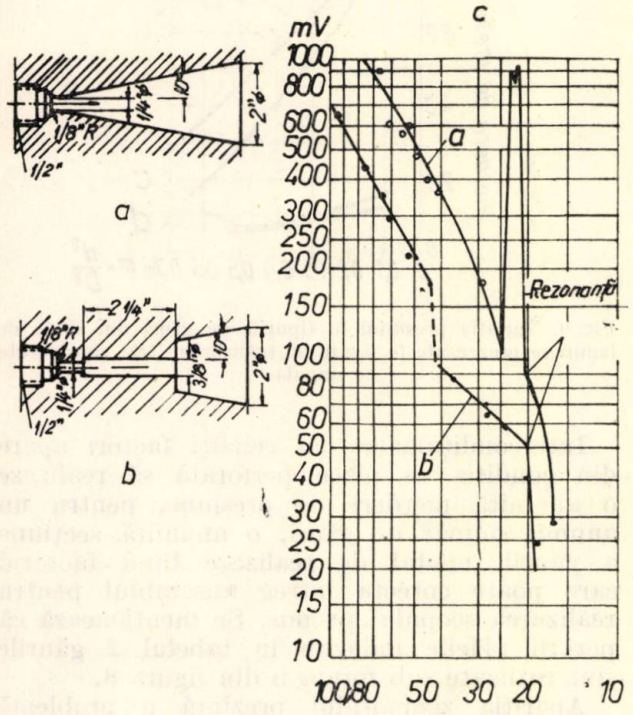


Fig. 10. Nivelul de zgomot în ajutaje.

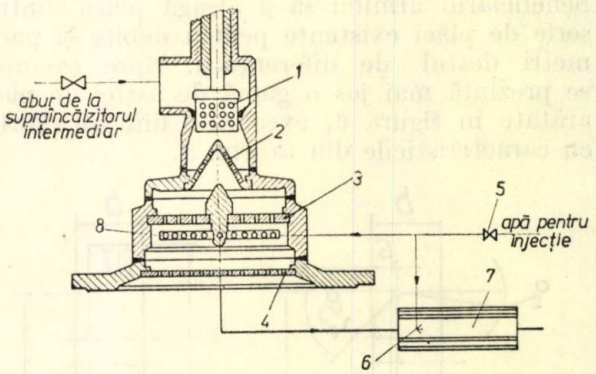


Fig. 11. Schema instalației by-pass cu sistem grupat de reducere a presiunii; instalație de reducere a presiunii: 1 — robinet de reglare; 2, 3, 4 — site de laminare; instalație de răcire; 5 robinet apă injecție; 6, 8 — instalații de pulverizare a apei; 7 — conductă dublă pentru injecția de răcire.

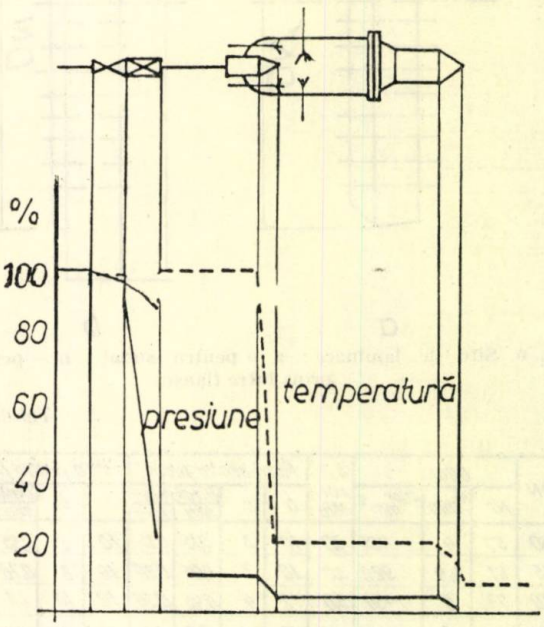


Fig. 12. Schema instalației by-pass cu elementele de răcire repertizate în lungul instalației.

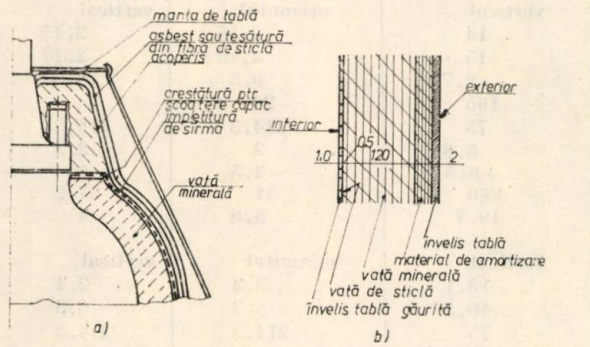
C_a — viteza sunetului în mediul înconjurător, în m/s;

W_D — viteza jetului de abur în secțiunea de calcul, în m/s;

ρ_u și ρ_D sînt densitățile fluidului din mediul înconjurător (aer), respectiv al aburului, în kg/m³. Intensitatea sonoră se calculează cu relațiile cunoscute.

Propagarea sonoră se face în cazul instalației de by-pass pe trei căi, și anume: transmiterea prin carcasă a elementelor de reducere a presiunii ce se poate diminua foarte puțin prin modul de construcție și foarte mult prin izolație fonică; propagarea prin conducta atașată, caz în care amortizoarele fonice au un efect deosebit în reducerea zgomotului și propagarea prin însăși aburul, cînd, de asemenea amortizoarele fonice au un efect important în amortizarea zgomotului.

Reducerea zgomotului prin izolații fonice te eficace, dar, în general, se preferă reali-rea unei izolații termo-fonice, deci o combi-ație între izolarea termică și fonică. Izolarea ui robinet de reglare utilizat în instalațiile



g. 13. Exemplu de realizare a izolației termo-fonice pentru instalația by-pass.

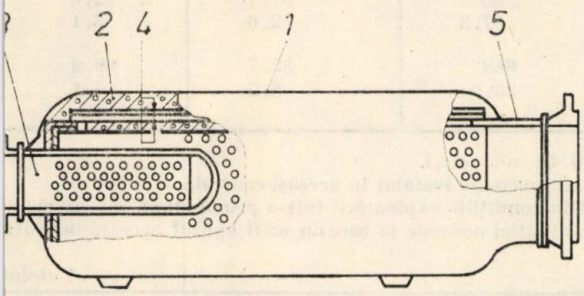


Fig. 14. Amortizor de zgomot tip FISCHER—6000.

-pass impune realizarea mai multor stra-ri de izolație termică și fonică. În figura 13 prezintă un exemplu de izolare termo-fonică a unui robinet din instalațiile by-pass ca și a unei instalații de răcire realizată ca instalație sau conductă.

Reducerea zgomotului cu amortizoare de zgomot implică un spațiu suplimentar. Amortizoarele de zgomot trebuie amplasate în calea aburului, în general în zona de putere sonică maximă. Un astfel de amortizor se prezintă după [8] în figura 14.

Bibliografie

[1] John, F. Gregory, Alfred Hohn, Kurt Reinhard. *Considérations sur la coopération de grosses chaudières et turbines en marche à deux postes dans les centrales thermiques.* In: Revue Brown Boveri, tom 62, nr. 7/8, 1975, pag. 318—326.

[2] Ulrich Nubholz. *Dimmensionnement et conception du système de by-passe basse pression.* În: Revue Brown Boveri tom 65, nr. 8/1978, pag. 541—545.

[3] Baumann, H. D. *Why Limit Outlet Velocities in Reducing Valves?* În: Instruments and Control System, vol. 38 (1965)S 135/39.

[4] Ligthill, M, J. *One Sound Generated Aerodynamically General Theory and Turbulence as a Source of Sound.* In Proc. Roy. Soc. A—211 1952, pag. 564—587 și Proc. Roy. Soc. A—222, 1954, pag. 1—32.

[5] Günther Ernst. *Stellgeräte in der Regelungstechnik ed.* VDI—Verlag Gmbh Düsseldorf, 1968 pag. 31—32.

[6] Martin, P., Holly, L. *Umleitstationen zur besseren Koordinierung von Kessel und Turbinen betrieb.* In Energie 26—1974 (12), 425—430.

[7] Reinhard, K., Schatzmann, G. *Operating Experience with By-Pass System in Fossil and Nuclear Power Plant.* În: Combustion, 49—1977, nr.5, pag. 35—38.

[8] FICHER Bulletin E 185—GB. May 1972.

[9] SCHÄFFER and BUDENBERG G.m.b.H. Prospect nr. 15. 160.04.115. 5/71.

(Primit la 5 martie 1983, acceptat la 4 august 1983)

Valorificarea potențialului hidroenergetic al țării

onsideraţii preliminare privind utilizarea unor prototipuri de hidroagregate bulb pe rîurile interioare din R.S. România

Ing. Gheorghe Opriş, ing. Constantin Ionescu*

troducere

Realizările pe plan mondial arată că, în meniul căderilor foarte joase (sub 15 metri), droagregatele bulb cu turbine Kaplan ori-ntale în cameră tubulară (KOT) au înlocuit prezent hidroagregatele cu turbine Kaplan rticale în cameră spirală (KVS)** datorită antajelor lor tehnico-economice cunoscute, literatura de specialitate. Astfel, dintr-un măr de 121 centrale hidroelectrice cu căderi de calcul sub 15 metri, realizate după 1970 sau în curs de realizare în diferite țări (exclusiv țara noastră), 108 sînt echipate cu hidroagregate cu turbine KOT (de regulă cu generatoare bulb, dar și cu generatoare de construcție normală) și numai 13 sînt echipate cu hidroagregate cu turbine KVS.

În baza tendințelor înregistrate pe plan mondial s-a promovat și în țara noastră utilizarea hidroagregatelor de tip bulb, astfel că în prezent pe rîurile interioare, s-au pus recent în funcțiune prototipurile a două tipodimensiuni de hidroagregate bulb cu turbine Kaplan tubulare în centrele hidroelectrice Slatina pe rîul Olt și Petrești pe rîul Sebeș (Jud. Alba).

Datorită duratei foarte mari a ciclului proiectare investiție — proiectare utilaj — execuție — fabricarea utilajului — montarea și punerea în funcțiune a obiectivelor hidroener-

Ing. Gheorghe Opriş şi ing. Constantin Ionescu sînt iectanţi la ISPH.

** Simbolizarea conform STAS 7100-70 a acestui tip de bină este KVB sau KVM după materialul spiralei (beton metal), dar autorii consideră că ea ar trebui modificată ıtru ca a treia literă a simbolului să reprezinte întotdea-a, la toate tipurile de turbine cu reacţiune, acelaşi lucru: ıl camerei de admisie (S— pentru cameră spirală, T — ıtru cameră tubulară, D — pentru cameră deschisă, C — ıtru cameră cazan).

Tabelu

Date tehnico-economice	Unitatea de măsură	Agregat de 13 MW		Agregat de 2 MW	
		SLATINA	GURA-LOTRULUI	PETREȘTI	TISMANA-AVA
TURBINA					
Poziția axului	—	orizontal	vertical	orizontal	vertical
Puterea nominală	MW	13,7	14	2,16	2,17
Puterea maximă	MW	13,7	15,5	2,16	2,17
Căderea nominală	m	9,5	9,7	9,5	10,3
Debitul nominal	m^3/s	165	165	26	24
Turația nominală	rot/min	88,2	75	214,3	214,3
Diametrul rotorului	m	5	5,8	2	2,2
Înălțimea de aspirație	m	−6[2])	+0,5 [3])	−4,5	0
Greutatea [2]	t	503	368	51	37,2
Prețul	mil.lei	28,7	19,7	5,6	4
GENERATORUL					
Poziția axului	—	orizontal	vertical	orizontal	vertical
Puterea nominală	MVA	13,6	15,1	2,2	2,4
Tensiunea nominală	kV	6,3	10,5	6,3	6,3
Turația nominală	rot/min	88,2	75	214,3	214,3
Diametrul interior al statorului	m	3,3	7,5	2	2,7
Greutatea	t	191,2	320	31,7	32,6
Prețul	mil. lei	13	17,2	2,6	3,1
AGREGATUL (TURBINA + GNERATOR)					
Greutatea	t	694,2	688	82,7	69,8
Prețul	mil. lei	41,7	36,9	8,2	7,1

[1]) Include în afara turbinei și instalațiile ei anexe (regulator, grup de ulei etc.).
[2]) Înălțimea de aspirație realizată este de −8 m impusă de agregatul reversibil instalat în aceeași centrală.
[3]) Înălțimea de aspirație (H_s) indicată de furnizor este de +2m. Din condițiile exploatării într-o primă etapă cu nivele s
zute în aval a rezultat $H_s = -0,9$ m. Valoarea de +0,5 m corespunde situației normale în care nu ar fi apărut această necesita

Tabelu

Denumirea echipamentului	Caracteristici (dimensiunile/presiunea de calcul)	Nr. buc.	Viteza prin orificiu (m/s)	Greutate (t)	Cost (mii lei)	Caracteristici(dimensiunile/presiunea de calcul)	Nr. buc.	Viteza prin orificiu (m/s)	Greut. (t)	Co (m lei
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
	CHE SLATINA					*CHE GURA LOTRULUI*				
— Grătar	11×15−120/3	1	1,00	25,0	625	6,15×12−120/3	2	1,12	22,0	6
— Batardou priză	11×11,9/22	1	1,26	96,6	2560	6,15×9,3/18	2	1,44	73,0	21
— Vană plană	10,2×7,8/22	1	2,07	121,0	4220	6,15×6,8/17	2	1,97	81,4	34
— Instalație hidraulică acționare vană	—	1	—	23,7	2320	—	1	—	20,3	20
— Batardou aspirator	11×8,5/16	1	1,76	45,2	1285	6,70×7,14/25	2	1,72	64,0	19
— Capac de presiune pentru generator	—	1	—	23,0	460	—	—	—	—	—
Total:	—	—	—	334,5	11470	—	—	—	260,7	101
	CHE PETREȘTI					*CHE TISMANA-AVAL*				
— Grătar	5×5,7−60/3	1	0,91	8,2	250	8,4×4,8−80/6	1	0,60	10,0	3
— Batardou priză	5×6,36/14	1	0,82	11,8	355	—	—	—	—	—
— Vană plană	3,4×4,2/13	1	1,82	14,1	555	5,55×3/14	1	1,43	19,9	7
— Instalație hidraulică acționare vană	—	1	—	4,7	580	—	1	—	3,6	4
— Batardou aspirator	—	—	—	—	—	2,375×2,17/6	2	2,31	3,8	1
Total:	—	—	—	38,8	1740	—	—	—	37,3	16

getice, la amenajările identice ca parametri sau apropiate, care s-au promovat ulterior celor două centrale sus-amintite, nu s-au mai prevăzut hidroagregate bulb, întrucît nu se dispunea de rezultatele experimentării prototipurilor. De ace centralele hidroelectrice Gura Lotrului pe Olt Tismana-aval pe rîul Tismana, ambele în ex cuție, cu parametri apropiați sau identici

Tabelul 3

Date tehnico-economice	Unitatea de măsură	Agregat de 13 MW		Agregat de 2 MW	
		Slatina	Gura Lotrului	Petreşti	Tismana Aval
ăţimea blocului[1]) (B)	m	13	16,3	7	7,5
ungimea blocului[2]) (L)	m	54	43,4	30	22,6
ăltimea infrastructurii[3]) H_i	m	13,5	25,7	6,8	10,8
ăltimea suprastructurii[4]) (H_s)	m	13,5	10,1	5[8])	7,5
ăltimea centralei ($H_i + H_s$)	m	27	35,8	11,8	18,3
dîncimea circuitului hidraulic[5])	m	11	13,9	6,6	5
uprafaţa teoretică a secţiunii transversale[6]) (A)	m²	1060	1120	320	270
olumul teoretic al blocului = $A \times B$	mii m³	13,78	18,26	2,24	2,05
arcina podului rulant	kN	2000	2000	—[9])	250
ostul părţii de construcţie aferente unui bloc[7])	mii lei	19,3	25,6	3,1	2,9

[1]) Egală cu lăţimea maximă a circuitului hidraulic plus 2 etri (cîte 1 m de o parte şi de alta) (vezi figurile 1 şi 2).

[2]) Măsurată de la pragul grătarului la ieşirea din aspitor.

[3]) Măsurată între cota sălii maşinilor şi cota cea mai de jos circuitului hidraulic şi anume : cota radierului aspiratorului ntru turbine KVS, respectiv cota radierului camerei tuburе pentru turbinele KOT.

[4]) Măsurată între cota sălii maşinilor şi cota căii de rulare a dului rulant.

[5]) Măsurată între nivelul aval al apei faţă de care se stabileşte înălţimea de aspiraţie şi cota cea mai de jos a circuitului hidraulic.

[6]) Cuprinsă între linia grătarului, conturul exterior al clădirii centralei, linia zidului de presiune din aval de la ieşirea din aspirator şi limita de jos a circuitului hidraulic (vezi figurile 1 şi 2).

[7]) Determinat pe baza unui preţ specific de 1400 lei/m³ de volum teoretic dedus de la lucrarea cea mai recent proiectată (Gura Lotrului).

[8]) Centrala are semisuprastructură.

[9]) Nu are pod rulant : montarea se face cu automacara.

Tabelul 4

Denumirea	Greutăţi (t)		Costuri (mii lei)	
	CHE SLATINA	CHE GURA LOTRULUI	CHE SLATINA	CHE GURA LOTRULUI
gregatul (turbină + generator)	694,2	688,0	48 650	43 800
chipament priză şi aspirator	334,5	260,7	14 820	12 740
artea de construcţie	—	—	19 300	25 600
OTAL	1028,7	948,7	82 770	82 140
ndicatori specifici pe MW	79,2	70,3	6365	6085
	CHE PETREŞTI	CHE TISMANA AVAL	CHE PETREŞTI	CHE TISMANA AVAL
gregatul (turbină + generator)	82,7	69,8	9 030	7 800
chipament priză şi aspirator	38,8	37,3	2 120	2 040
artea de construcţie	—	—	3 100	2 900
OTAL	121,5	107,1	14 250	12 740
ndicatori specifici pe MW	60,3	53,4	7 125	6 370

Costul agregatului şi echipamentului de la priză şi aspirator include şi montajul (10 lei/kg).

atina, respectiv Petreşti, au fost echipate cu droagregate cu turbine Kaplan cu cameră irală.

Articolul de faţă îşi propune să compare cele uă tipuri de agregate cu turbine KOT şi VS realizate în două tipodimensiuni de aceşi putere (13 MW şi 2 MW) instalate în cele tru centrale hidroelectrice : Slatina cu Gura trului şi Petreşti cu Tismana-aval.

Datele tehnico-economice ale agregatelor, ale hipamentului prizei şi aspiratorului şi ale rţii de construcţii sînt cuprinse în tabelele 2, şi 3, iar recapitularea de greutăţi şi costri în tabelul 4.

Pentru a nu influenţa comparaţia datorită unor condiţii particulare specifice amplasamentelor respective s-au introdus corecţiile necesare, menţionate sub formă de note la fiecare tabel în parte. În plus, CHE Tismana-aval s-a considerat cu semisuprastructură, ca şi centrala cu care se compară (CHE Petreşti) şi nu cum s-a realizat, adică cu suprastructură. În acest fel s-a realizat o comparaţie corectă, care ia în considerare numai factorii impuşi de tipul constructiv al agregatului. Pe baza datelor tehnico-economice din tabele şi a figurilor 1 şi 2 vom căuta în cele ce urmează să

interpretăm rezultatele obținute pentru fiecare din cele două tipodimensiuni separat și să conchidem în legătură cu adoptarea unuia sau altuia din tipurile de turbine (KVS sau KOT).

— pe ansamblul agregatului (turbină - generator) sducere de greutate la bulb es de 17%, iar de preț de 15%;

— o reducere a costului clădirii cu 23 în cazul agregatelor bulb, cu mențiunea

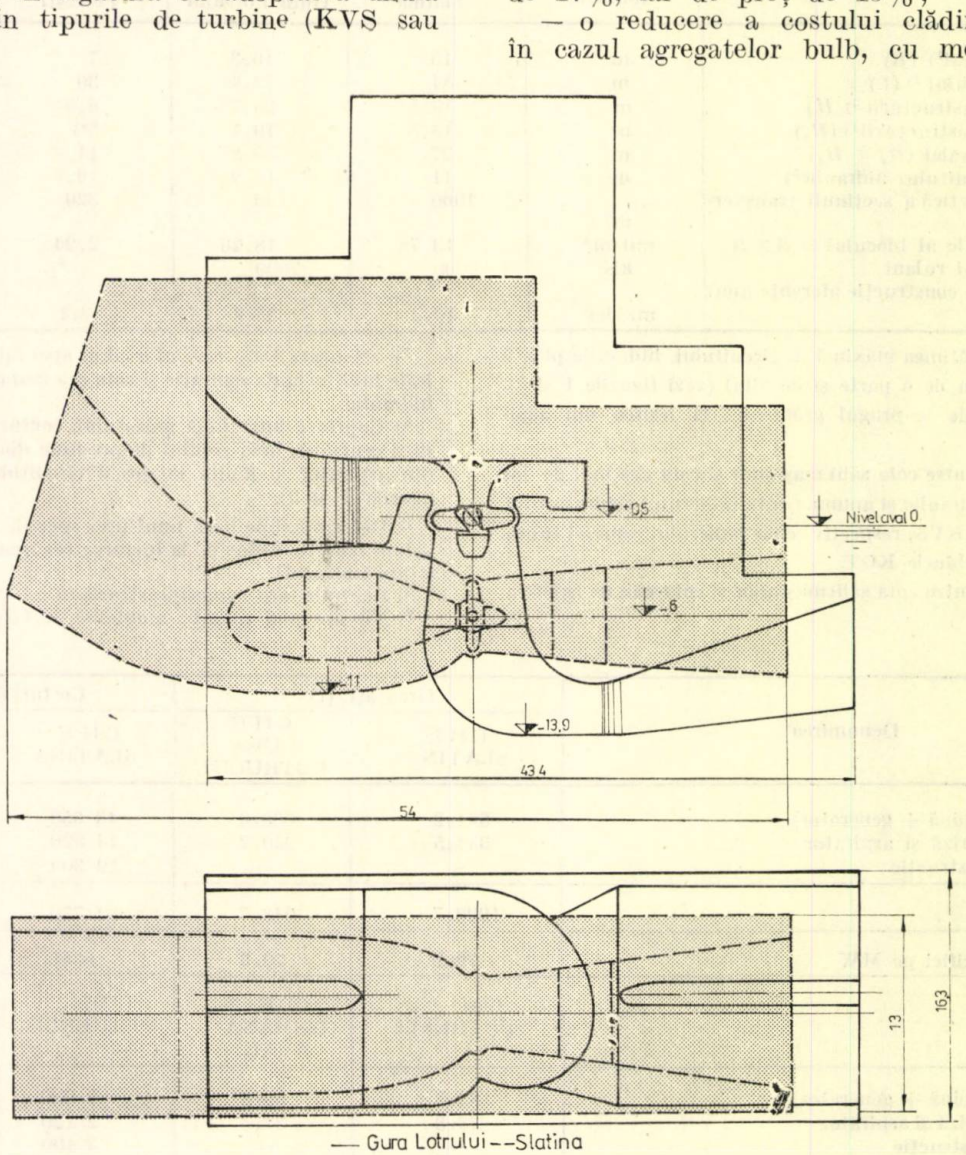


Fig. 1. CHE Slatina și Gura Lotrului. Conturul blocului.

1. Agregatul de 13 MW la căderea de 9,5 metri

Experiența altor țări [1], [2], [3], [4] și [5] arată că agregatele bulb de mari dimensiuni (D rotor peste 4 metri) conduc, față de agregatele Kaplan cu spirală, pentru aceeași putere și cădere, la o reducere a diametrului rotorului turbinei tubulare cu 10—15% (funcție de cădere) și la o creștere a turației cu circa 15%. În aceste condiții se obține:

— o reducere a greutății turbinei KOT cu 20% față de KVS și a costului de numai 10%, datorită unui preț pe kg mai mare la KOT cu 13%;

— o reducere a greutății generatorului bulb cu 46% față de generatorul vertical de construcție normală și a costului de numai 25%, d torită unui preț pe kg mai mare cu 40%

— pe ansamblul agregatului (turbină+gener tor) reducerea de greutate la bulb este de 17% iar de preț de 15%;

— o reducere a costului clădirii cu 23 în cazul agregatului bulb, cu mențiunea din economiile totale ce le realizează agreg tele bulb 50% revin echipamentului și 50 părții de construcție. Aceste reduceri se refe la agregate de 20 MW cu căderea de calcul 7,7 metri. În cazul turbinei KOT de la CH Slatina, deși se confirmă reducerea diam trului (de la 5,8 la 5 metri, adică cu circa 14% și creșterea turației (de la 75 la 88,2 rot/mi adică cu circa 17%) față de turbina KV Gura Lotrului, greutatea și costul tu

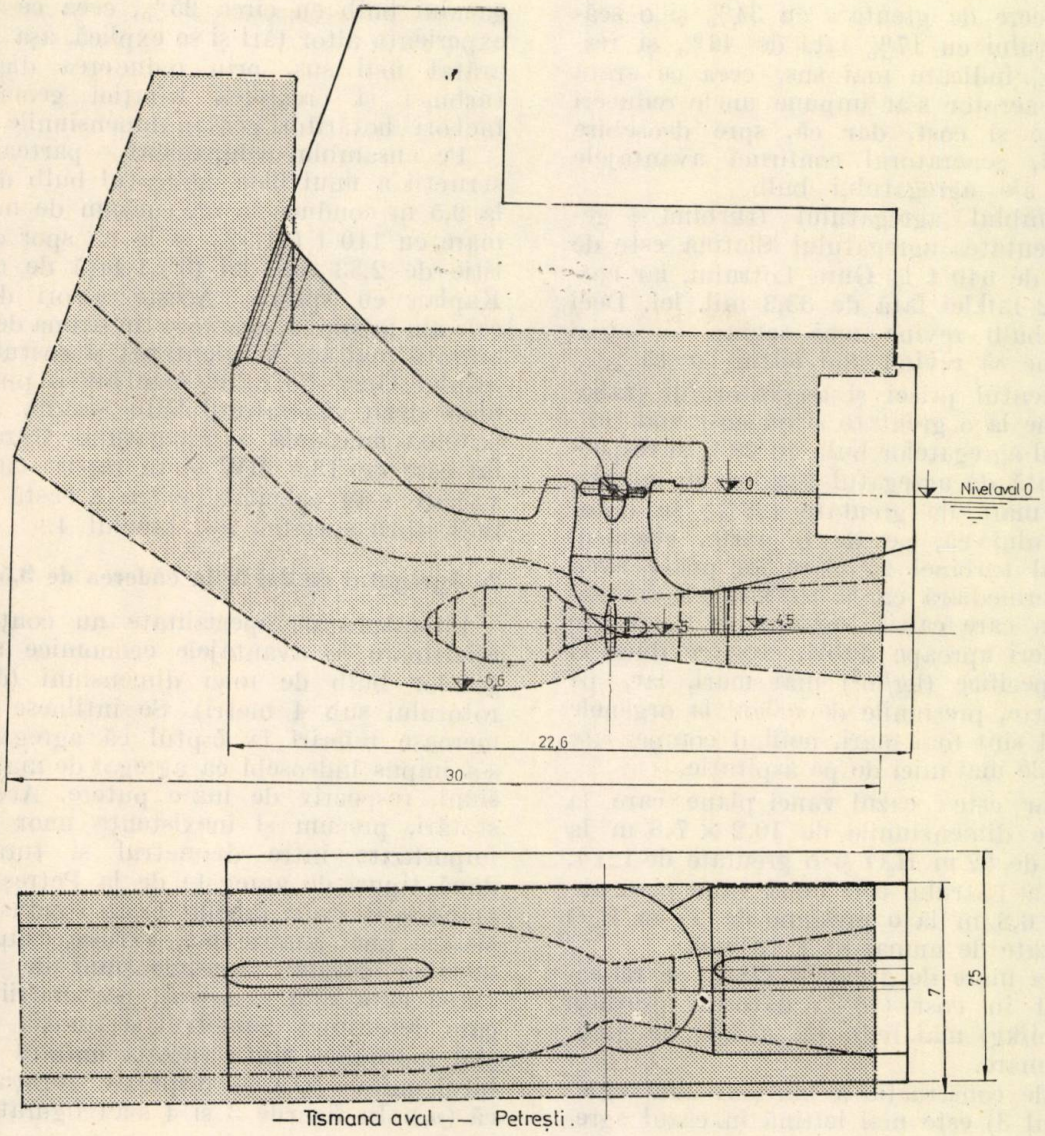


Fig. 2. CHE Petreşti şi Tismana aval. Conturul blocului.

ıei KOT nu numai că nu scad, dar sînt apre-
ıbil mai mari şi anume :

	Slatina (1)	*Gura Lotrului* (2)	*Diferenţa* (1—2)
eutate ımplexul 1 + 2)	456 t	350 t	106 t
eţul ımplexul 1 + 2)	24,2 mil. lei	17,7 mil. lei	6,5 mil. lei
eţul ecific	53,1 lei/kg	50,6 lei/kg	2,5 lei/kg

deci un spor de greutate de 30% în loc de o reducere de 20% şi o creştere a preţului cu 37% în loc de o scădere cu 10%, ceea ce influenţează esenţial defavorabil soluţia cu agregate bulb. La nivelul realizărilor din alte ţări, greutatea turbinei KOT Slatina ar trebui să fie de circa 300 tone.

La compararea generatoarelor trebuie adusă o corecţie, datorită faptului că puterea generatorului Gura Lotrului este de 15,1 MVA faţă de 13,6 MVA la Slatina.

Rezultă :

	Slatina (1)	*Gura Lotrului* (2)		*Diferenţa* (1—2)
terea	13,6 MVA	15,1 MVA	13,6 MVA	—
eutate	191 t	320 t	290 t	— 99 t
stul	13 mil. lei	17,2 mil. lei	15,6 mil. lei	2,6 mil. lei
eţul specific	68 lei/kg	53,7 lei/kg	53,7 lei/kg	+ 14,3 lei/kg

deci o reducere de greutate cu 34% și o scădere a prețului cu 17% față de 46% și respectiv 25% indicate mai sus, ceea ce arată că și la generator s-ar impune unele reduceri de greutate și cost, dar că, spre deosebire de turbină, generatorul confirmă avantajele cunoscute ale agregatului bulb.

Pe ansamblul agregatului (turbină + generator) greutatea agregatului Slatina este de 647 t față de 640 t la Gura Lotrului, iar costul de 37,2 mil.lei față de 33,3 mil. lei. Deci agregatul bulb revine mai scump cu circa 12%, în loc să revină mai ieftin cu 15%.

Echipamentul prizei și aspiratorului (tabelul 2) revine la o greutate și un cost mai ridicat în cazul agregatelor bulb cu 28% și respectiv 13% față de agregatul Kaplan cu spirală. Diferența mare de greutate (28%) se datorează faptului că, pe de o parte, circuitul hidraulic al turbinei tubulare nu poate avea o pilă intermediară ca la turbina cu cameră spirală, din care cauză organele de închidere au deschideri aproape duble, ceea ce duce la greutăți specifice (kg/m²) mai mari, iar, pe de altă parte, presiunile de calcul la organele de la priză sînt mai mari, nefiind compensate de presiunile mai mici de pe aspirație.

Edificator este cazul vanei plane care la Slatina are dimensiunile de 10,2 × 7,8 m la o presiune de 22 m H_2O și o greutate de 121 t, iar la Gura Lotrului cele două vane plane de cîte 6,15 × 6,8 m la o presiune de 17 m H_2O au o greutate de numai 81 t (2 buc).

Diferența mare de greutate (28%) se reflectă atenuat în cost (13%) datorită prețului specific (lei/kg) mai redus la utilaje de greutate mai mare.

Partea de construcție a blocului unui agregat (tabelul 3) este mai ieftină în cazul agregatului bulb cu circa 25%, ceea ce confirm experiența altor țări și se explică, așa cum s-arătat mai sus, prin reducerea diametrulu turbinei și creșterea turației generatorulu factori hotărîtori pentru dimensiunile blocului

Pe ansamblul echipament + partea de co strucții a unui bloc agregatul bulb de 13M la 9,5 m conduce la un consum de metal m mare cu 110 t (11,5%) și la un spor de inve tiție de 2,33 mil. lei (3%) față de agregat Kaplan cu spirală. Aceste valori diferă c cele din tabelul 4, deoarece țin seama de corecț arătată mai sus la greutatea și costul gener torului Gura Lotrului, care are o putere m mare decît generatorul bulb Slatina. De fap puterea nominală a agregatului Gura Lotr lui este de 13,5 MW și în raport cu aceast valoare s-au calculat pentru această centra indicatorii specifici din tabelul 4.

2. Agregatul de 2MW la căderea de 9,5 m

Literatura de specialitate nu conține da referitoare la avantajele economice ale agr gatelor bulb de mici dimensiuni (diametr rotorului sub 4 metri). Se întîlnesc însă n meroase referiri la faptul că agregatul bu s-a impus îndeosebi ca agregat de mari dime siuni, respectiv de mare putere. Aceste co statări, precum și inexistența unor diferen importante între diametrul și turația cel două tipuri de agregate de la Petrești și Ti mana-aval (vezi tabelul 1) au condus la nec sitatea unei analize mai extinse asupra par metrilor acestei tipodimensiuni de agregat După cum este cunoscut, parametrii sinteti care determină diametrul și turația unei m șini hidraulice sînt: turația unitară (n_1'); d bitul unitar (Q_1') și respectiv turația speci că (n_s). În figurile 3 și 4 s-au figurat valori

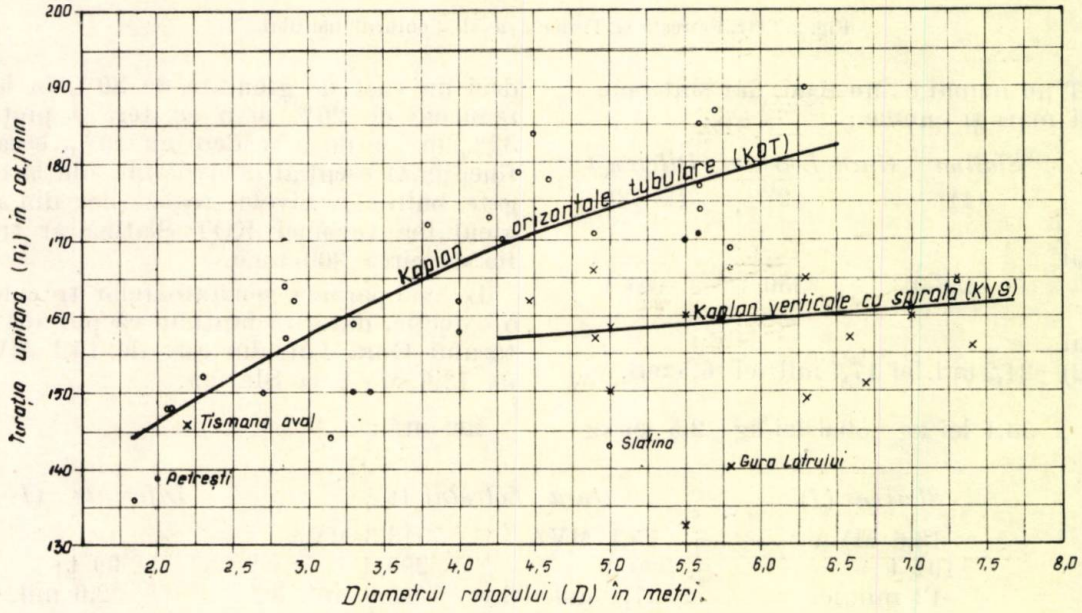


Fig. 3. $n_n' = f(D)$ pentru căderi de la 8 la 12 metri.

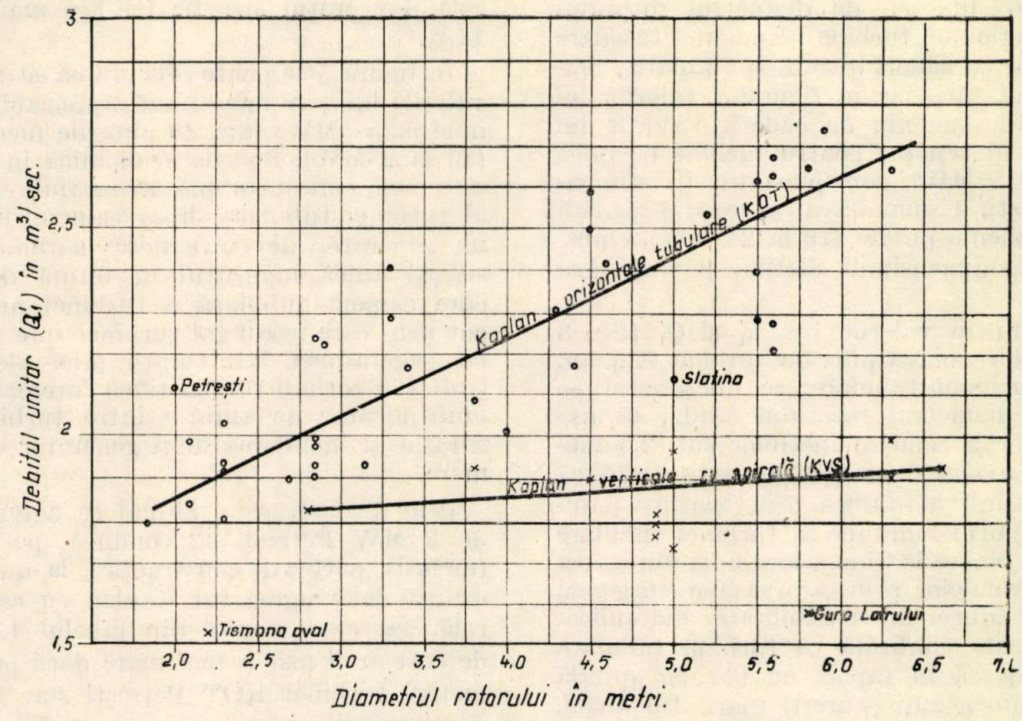


Fig. 4. $Q_1' = f(D)$ pentru căderi de la 8 la 12 metri.

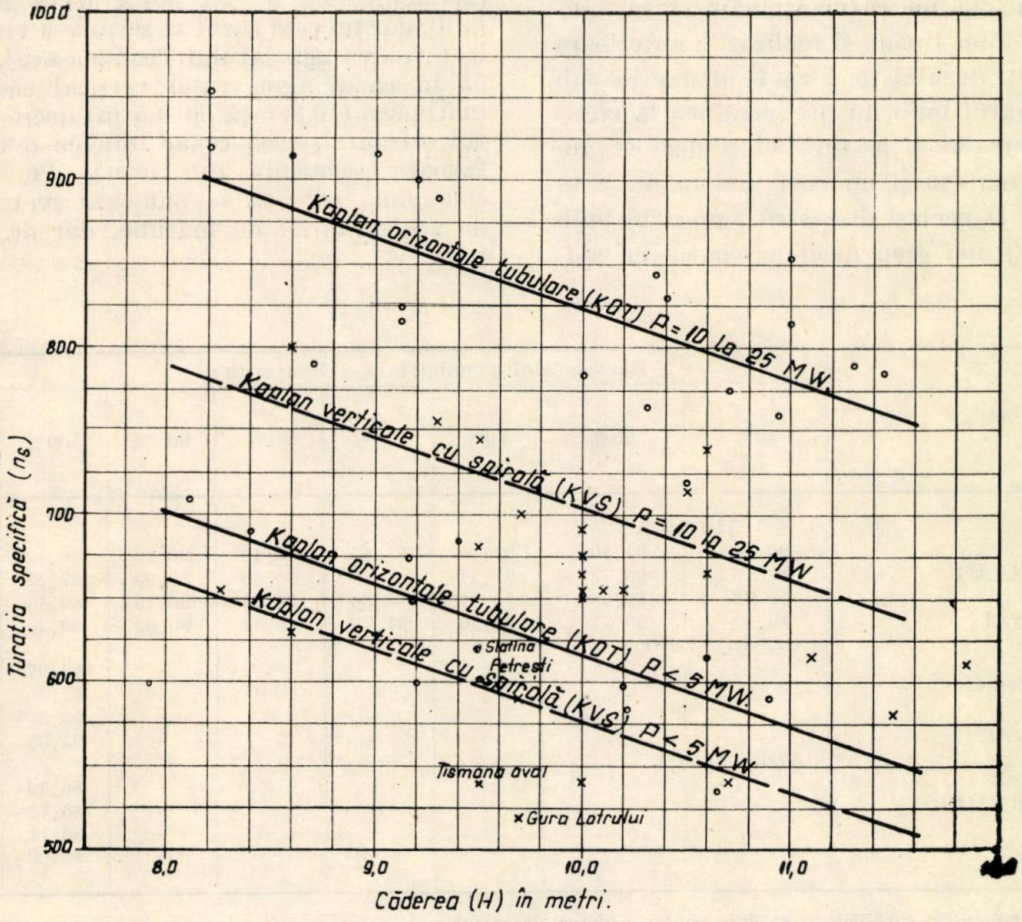


Fig. 5. n_s (m, kW) $= f(H)$ pentru turbina Kaplan.

lui n_1' și Q_1' funcție de diametrul rotorului pentru o serie de turbine Kaplan, tubulare și cu spirală, cu căderi între 8 și 12 metri, realizate în alte țări, iar în figura 5 valorile lui n_s în același domeniu de căderi. Valorile lui n_s s-au trecut separat pentru turbine de mică putere (sub 5 MW), corespunzător tipodimensiunii Petrești, Tismana-aval și separat pentru turbine de medie putere (10 la 25 MW), corespunzător tipodimensiunii Slatina și Gura Lotrului.

Ecartul dintre valorile lui n_1' și Q_1' (fig. 3 și 4) ale celor două tipuri de turbine Kaplan, favorabil turbinei tubulare, se micșorează pe măsură ce diametrul rotorului scade, în așa măsură încît în zona diametrelor sub 2,5 metri nu mai există diferențe. Aceasta arată că forțarea mașinii hidraulice prin sporirea vitezelor în circuitul hidraulic al turbinei tubulare nu se poate realiza la dimensiuni mici din cauza îngustimii canalelor prin care se face scurgerea, ceea ce ar duce la instabilitate hidraulică. Curbele trasate confirmă că turbina tubulară este avantajoasă în raport cu cea cu spirală numai la dimensiuni (puteri) mari. De altfel, statistica realizărilor de centrale cu turbine Kaplan tubulare de după 1970 arată că din 43 de centrale cu căderi între 8 și 12 metri numai 8 au diametre sub 4 metri și nici una diametru sub 2,5 metri (menționăm că în figurile 3,4 și 5 s-au trecut și realizările anterioare anului 1970). Rezultă deci că la diametre sub 2,5 m agregatul bulb nu mai conduce la reducerea diametrului și a turației și deci el revine la o greutate și un cost mai mare. Este știut [2] că la același diametru agregatul bulb este cu 20% mai greu decît agregatul cu spirală, iar prețul specific (lei/kg) mai mare c 17%.

În figura 5 se poate observa că ecartul dint valorile lui n se micșorează apreciabil la puteri mici (sub 5MW) față de puterile medii și ma (10 la 25MW). Soluția economică în acest c este cea care combină avantajul construct al turbinei tubulare (lipsa camerei spirale) un generator de construcție normală (neca sulat,) adică agregatul în formă de „S" care camera tubulară a turbinei prezintă cot prin care iese axul turbinei spre a se cup cu generatorul. La turații mici ale turbin (sub 200 rot/min) se justifică intercalarea un multiplicator de turație între turbină și g nerator și instalarea unui generator de turaț mare.

Prin urmare, este normal ca agregatul bu de 2 MW Petrești să conducă, pe ansamb (inclusiv partea de construcție), la un cost m ridicat decît agregatul Kaplan cu cameră sp rală, așa cum rezultă din tabelul 4. Diferen de cost ar fi fost și mai mare dacă pentru di metrul turbinei KOT Petrești s-ar fi adopt o valoare mai mare, așa cum rezultă din dat statistice.

Menționăm că și în cazul acestui agreg generatorul vertical are o putere mai ma (2,4 MVA față de 2,2 MVA) decît generator bulb, dar nu este cazul să se aplice vreo corec în favoarea agregatului Tismana-aval, dat fii că în cazul agregatului vertical căderea e mai mare (10,3 față de 9,5 m) decît la agreg tul orizontal, ceea ce ar implica o corecție favoarea acestuia din urmă. Pe ansamb cele două corecții se anulează reciproc, fii de același ordin de mărime, dar de sens c trar.

Tabel

Centrala	Randamentul garantat, în %, la încărcarea de :							Randamentu (media aritmeti %
	40%	50%	60%	70 %	80%	90 %	100%	
	TURBINA							
SLATINA	90,40	91,10	91,45	91,55	91,40	90,90	89,10	90,8
GURA-LOTRULUI	89,46	90,72	91,21	91,12	90,60	89,92	89,22	90,3
PETREȘTI	90,28	90,58	90,78	90,86	90,66	90,18	89,80	90,4
TISMANA AVAL	89,15	90,73	91,50	91,75	91,33	90,62	90,20	90,7
	GENERATORUL							
SLATINA	—	—	—	—	—	—	96,97	—
GURA LOTRULUI	—	—	—	—	—	—	97,20	—
PETREȘTI	—	—	—	—	—	—	95,896	—
TISMANA AVAL	—	—	—	—	—	—	95,35	—
	AGREGATUL							
SLATINA	—	—	—	—	—	—	86,40	—
GURA LOTRULUI	—	—	—	—	—	—	86,72	—
PETREȘTI	—	—	—	—	—	—	86,11	—
TISMANA AVAL	—	—	—	—	—	—	86,00	—

NOTĂ. Randamentele turbinelor sînt date pentru căderea de calcul.

3. Concluzii

1) Din poziţiile pe care le ocupă valorile lui n_1', Q_1' şi n_s ale turbinelor analizate în raport cu curbele trasate în figurile 2, 3 şi 4, curbe care reflectă nivelul tehnic actual, rezultă că ne situăm cu mult sub acest nivel, atît la turbinele Kaplan tubulare, cît şi la cele cu spirală, cu o singură excepţie (valoarea lui Q_1' la Petreşti situată cu mult peste media realizărilor, ceea ce ar putea să însemne că această turbină este subdimensionată; rezultatele funcţionării urmează a confirma sau infirma această supoziţie). Lipsa unui model adecvat pentru căderi sub 10 m este cauza acestei deficienţe şi eliminarea ei ar fi o sursă de reduceri importante de gabarite şi costuri la căderi sub 10 m atît la turbinele Kaplan tubulare, cît şi la cele cu spirală.

2) Tipodimensiunea de hidroagregat bulb de 13MW la 9,5m din CHE Slatina reduce dimensiunile şi măreşte turaţia maşinii în raport cu hidroagregatul Kaplan cu cameră spirală de aceeaşi parametri din CHE Gura Lotrului şi ar putea conduce la reduceri corespunzătoare ale investiţiei numai dacă greutatea şi costul agregatului ar fi reduse cu circa 25%, cea mai mare parte a reducerii urmînd a fi efectuată la turbina KOT care are o greutate şi un cost ce o scot din competiţie cu turbina KVS.

3) Tipodimensiunea de hidroagregat bulb de 2MW la 9,5 m din CHE Petreşti nu poate realiza reducerea dimensiunilor şi a turaţiei agregatului în raport cu agregatul Kaplan cu spirală deoarece turbina KOT cu diametre mici nu poate avea valori ale lui n_1', Q_1' şi n_s diferite de ale turbinei KVS. În consecinţă trebuie să se renunţe la utilizarea agregatelor bulb de dimensiuni mici (Drotor sub 2,5 metri). La căderi sub 10—12 metri şi puteri unitare sub 5MW agregatul cu turbină KOT şi generator de construcţie normală reprezintă soluţia optimă.

4) Sub aspect energetic nu se pot încă trage concluzii, deoarece nu s-au făcut măsurători de randamente pe maşinile respective. Valorile garantate prin proiect sînt date în tabelul 5.

5) În privinţa exploatării, modul de comportare al agregatelor Kaplan cu spirală este cunoscut de la numeroasele centrale existente. Cele două centrale echipate cu agregate bulb (Slatina şi Petreşti) fiind recent puse în funcţiune este necesar ca după cîţiva ani de exploatare de durată să se tragă concluzii şi sub acest aspect.

Bibliografie

[1] Cazenave, P., *Un exemple d'amènagement de basse chute equipé de groupes bulbes: Pierre-Bénite, sur Rhône* Comunicare la Congresul Societăţii Franceze a electricienilor. Brest, 25 septembrie 1963.

[2] *** *L'amènagement Pierre-Bénite*: În: Travaux, nr. 10, 1967.

[3] Kares, R. *Comparaţie între centralele hidroelectrice echipate cu turbine tubulare şi Kaplan verticale.* Raport al societăţii „Donaukraftwerke" (DoKW) Viena, 4 februarie 1980.

[4] *** *Studiu comparativ între variantele cu turbine tubulare şi Kaplan verticale care a stat la baza alegerii tipului de hidroagregat pentru C H E. Greifenstein (în construcţie)*: Raport al societăţii „Donaukraftwerke" (DoKW) Viena, 6 februarie 1980.

[5] Cotillon, J. *Advantages of bulb units for lorw-head developments.* In: Water Power, inauarie 1977.

(Primit la 29 septembrie 1983, acceptat la 14 martie 1984)

Buletin informativ

De la Comitetul Naţional Român al Conferinţei Mondiale a Energiei

Balanţa energetică mondială 2000—2020

Studiul „Balanţa energetică mondială 2000—2020", realizat de Comisia de Conservare a Energiei a Conferinţei Mondiale a Energiei, dezbătut la Congresul al XII-lea al Conferinţei ce a avut loc la New Delhi în septembrie 1983 şi publicat în broşură în formă finală în 1984, se prezintă singur în „Introducere". Broşura se deschide cu explicitarea autorului său colectiv — Comisia de Conservare însăşi, ce reuneşte un mănunchi de prestigioşi oameni de ştiinţă din domeniul strategiilor energetice — domeniu devenit specialitate şi tinzînd să se constituie ca disciplină. Introducerea precizează că la lucrare au participat 50 specialişti de înalt nivel, reprezentînd 20 comitete naţionale şi 10 organizaţii internaţionale.

Concizia şi rigoarea fiecărei aserţiuni a documentului în ansamblu, a concluziilor sale, fac dificilă orice încercare de sintetizare suplimentară. Cîteva comentarii se impun, totuşi.

Din studiu rezultă că energia va continua să constituie o problemă fără soluţii facile. „Intrarea într-o epocă a energiei costisitoare este pe deplin confirmată ... Astfel, necesitatea de a urmări politici ferme de utilizare raţională a energiei şi de substituire a petrolului este mai mult ca niciodată justificată, în ciuda situaţiei actuale, aparent mai uşoare."

Studiul se înscrie în tendinţa generală, instalată în ultimul deceniu, în care prognoze ulterioare corectează pe cele ce le-au precedat în direcţia unor reduceri ale ritmurilor de creştere estimate. Apropierea viitorului a sporit gradul de realism — sau de precauţie — către

care tind prognoziștii. La acestea a contribuit — poate, hotărîtor — și experiența acumulată treptat privind rezultatele ce pot fi obținute în ceea ce privește rapiditatea restructurărilor tehnologice, ca și evaluările tot mai amănunțite ce se fac privind eforturile financiare și materiale (adesea și sociale) necesare.

Departe de a degaja pesimism, studiul oferă informații de referință pentru acțiuni fundamentate și convergente în domeniul energiei.

Cele două scenarii cu care operează studiul sînt subînțelese ca fiind probabile și sînt, de altfel, aparent apropiate, deși distanța între ele se poate măsura în dimensiuni considerabile ale eforturilor colectivității mondiale și în variații profunde ale practicii relațiilor economice și politice internaționale. Ele nu trebuie înțelese ca scenarii limită posibile ; neprevăzutul în progresul științei și al tehnologiei, ca și cel din sfera politică, pot genera și evoluții plasate în afara plajei acoperite de cele două scenarii. De altfel, lucrarea nu explicitează premisele și ipotezele cu care a operat privind viitorul tehnologiilor energetice și în mod evident operează în cîmpul statu-quo-ului politico-social mondial și regional.

Dînd curs recomandării de a se asigura difuzarea ei cît mai largă pentru a fi folosită de factorii de decizie, precum și de diverse categorii de specialiști, publicarea integrală a studiului în limba română răspunde totodată interesului legitim al energeticienilor români.

Dr. ing. Mario Duma

COMPONENȚA COMISIEI DE CONSERVARE

Președinte :

M. BOITEUX (Franța)

Membri din oficiu :

Dr. S.O. HULTIN (Președinte al Consiliului Executiv Internațional)
Dr. J. S. FOSTER (Președinte al Comitetului de Programe)
E. RUTTLEY (Secretar General al Conferinței Mondiale)

Membri :

I. DIOP (Senegal)
J.-R. FRISCH (Franța)
Dr. T. JASZAY (Ungaria)
P. KRAFFT (Elveția)
Dr. C. MIHĂILEANU (România)
K. MISHRA (India)
T. MORI (Japonia)
G. OBERMAIR (Austria)
Prof. H. K. SCHNEIDER (RFG)
Dr. S. C. TRINDADE (Brazilia)
Dr. N. A. WHITE (Anglia)
S. G. YATROV (U.R.S.S.)

Membri reprezentînd organizații internaționale :

A. ALWATTARI (OPAEP)
V. BAUM (ONU)
K. BRENDOW (CEE—ONU)
Dr. H. LAUE (AIEA)
M. MIMOUNI (OPEC)
J. PIMENTEL (Organizația de distribuire a energiei electrice în țările Americii Latine)
S. A. RISSIK (Uniunea intrnațională a gazului)
Dr. S. SINGH (Banca Mondială)

Membri cooptați :

P. AURIOL (Coordonator pentru relațiile publice)
G. F. KENNEDY (legătură cu Comitetul țărilor în curs de dezvoltare)

Introducere

Această broșură este o continuare a ediției din 1981, publicată după Conferința de la München, de către Comisi de Conservare. Ea sintetizează rezultatele unora dintre analizele de prognoză efectuate începînd cu anul 1981, care s bazează în principal, pe un studiu la nivel mondial prezentat la Congresul de la New Delhi[1]).

Prezentul studiu reprezintă o continuare și în același timp o extindere a lucrărilor anterioare ale Comisiei. O con tinuare — pentru că actualizează rapoartele previzionale anterioare, prezentate cu ocazia Conferinței de la Istambul di 1977 și a celei de la München din 1980. O extindere — pentru că tratează progonozele cererii de energie și ale aprovizio nării cu energie pentru toate regiunile lumii (fig. 1,2)[2]), precum și prognoze pentru producția și schimburile de energie.

În plus, studiul reprezintă o *abordare originală* a problemelor energetice pe termen lung.

Este pentru prima dată cînd s-a efectuat o investigare prospectivă la nivel mondial, într-un mod realmente des centralizat : au fost constituite 10 grupe de lucru regionale, care au reunit 50 de specialiști de înalt nivel, reprezentînd 20 d comitete naționale și 10 organizații internaționale.

Au fost organizate 17 reuniuni internaționale care au permis o activitate comună, fără a se recurge la trimiter de chestionare sau la consultații individuale, membrii grupelor de lucru asumîndu-și astfel responsabilitatea colectiv pentru prognozele adoptate în final.

Aceste prognoze pot fi încadrate în două scenarii :

Scenariul I (*„normativ-cooperare"*) — corespunde unei evoluții la nivel mondial relativ lente, cooperarea interna țională avînd tendința de a se intensifica, iar creșterea economică, după actuala perioadă de stagnare, revenind la u ritm mai adecvat aspirațiilor comune ale țărilor industrializate și ale celor din lumea a treia.

Este, în multe privințe, un scenariu normativ care poate fi considerat „optimist" din perspectiva prezentului

Scenariul II (*„tensiuni în creștere"*) — presupune o continuare a actualelor dificultăți și, de asemenea, o înrăută țire a tensiunii Nord-Sud, avînd ca rezultat o creștere economică mai lentă. Atmosfera acestui scenariu este destul d „pesimistă".

Ritmul mediu anual de creșterea a produsului național brut la nivel mondial, ulterior reconstituit, ar fi de ordinu a 3,3% în scenariul I și de 2,3% în scenariul II, pentru perioada cuprinsă între anii 1978—2020, față de 5% pentru peri oada cuprinsă între anii 1960 și 1978. Pe cap de locuitor, acesta ar fi de 1,8% în scenariul I și de 0,9% în scenariul II, faț de 3% în trecut.

Se poate menționa totuși că, pornind de la acest plan general, fiecare grup de lucru a ales liber metodologia de prog noză care i s-a părut mai bine adaptată la condițiile specifice ale situației sale regionale

---

[1]) „ENERGIA în 2000—2020 — Echilibru mondial și tensiuni regionale" (370 pag.) Editions TECHNIP - PARIS.

[2]) Trimiterile la tabele și figuri aparțin traducătorului.

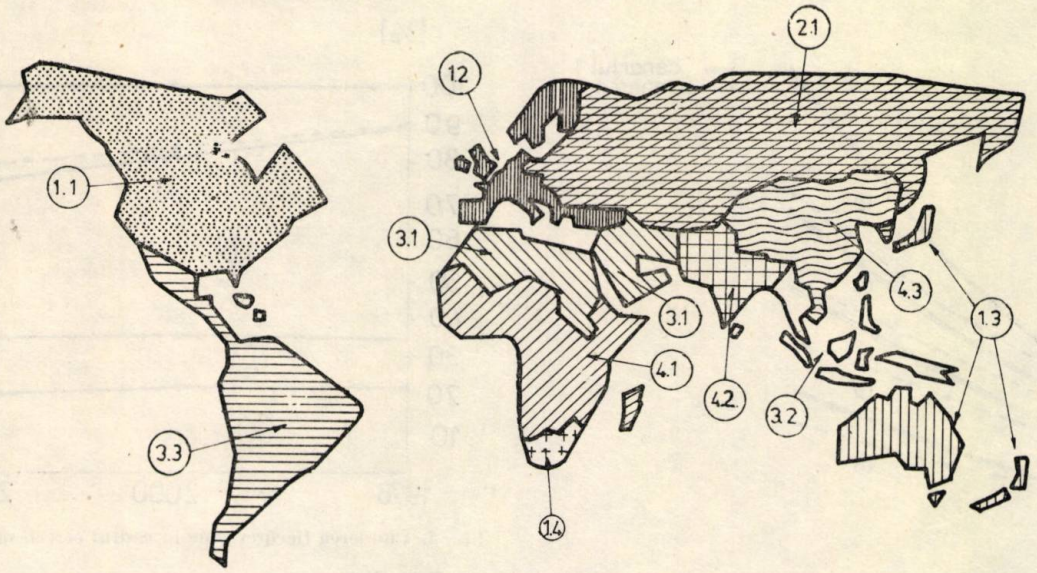


Fig. 1. Harta regiunilor :

1. Ţări industrializate cu economie de piaţă : 1.1. America de Nord ; 1.2. Europa Occidentală, inclusiv Iugoslavia şi Turcia ; 1.3. Ţări industrializate din zona Pacificului ; 1.4. Africa de Sud.
2. Ţări industrializate cu economie planificată centralizat : 2.1. Europa de Est, inclusiv Albania.
3. Ţări din lumea a treia cu dezvoltare rapidă : 3.1. Africa de Nord/Orientul Mijlociu ; 3.2. Asia de Sud-Est ; 3.3. America Latină.
4. Ţări din lumea a treia în tranziţie : 4.1. Zona Africii din sudul Saharei (mai puţin Africa de Sud) 4.2. Asia de Sud ; 4.3. Ţări asiatice cu economie planificată centralizat.

Cererea de energie

Consumul mondial de energie ar putea creşte (vezi fig. 2) cu un factor de 2 sau 2,5 de acum pînă în anul 2020, crescînd astfel cu un ritm mediu de 2,3% pe an, conform scenariului I şi 1,7% pe an, conform scenariului II, faţă de 4% în perioada cuprinsă între anii 1960 şi 1978. Numai creşterea demografică prin ea însăşi explică 70% în cazul scenariului I şi 90% în cazul scenariului II, din creşterea totală a cererii de energie. De fapt, pe cap de locuitor, ritmul de creştere apare foarte moderat : sub 1% pe an în scenariul I şi de ordinul a 0,25% în scenariul II, faţă de peste 2% în trecut.

În cadrul consumului mondial de energie (fig. 3, 4, 5) lumea a treia va ocupa probabil un loc din ce în ce mai important : faţă de o pătrime din cerere în 1978, va ajunge la aproximativ o treime în 2000 şi la 35—40% în 2020. Cu toate acestea, variaţiile de consum pe cap de locuitor rămîn foarte mari. Cererea medie pe cap de locuitor în lumea a treia a fost de 0,55 tep (tone echivalent petrol) în 1978 şi se estimează pentru 2020 numai de 0,8 — 1,2 tep (faţă de 6—7 tep pe cap de locuitor în ţările industrializate, plecînd de la un nivel de 4,3 tep în 1978).

În cadrul lumii a treia, zona denumită „în tranziţie" este cea care produce cele mai mari îngrijorări. Consumul total al acestei zone, care ar putea avea o populaţie de peste 4 miliarde de locuitori pînă în 2020 (echivalentul populaţiei lumii în prezent), ar ajunge la numai 2—2,70 Gtep (faţă de 1 Gtep în 1978) sau numai 0,5—0,6 tep pe cap de locuitor (faţă de 0,4 tep în 1978).

În plan regional, redistribuirea pieţii mondiale de consumatori se va face în special în detrimentul Americii de Nord (20—22% din cererea mondială în 2020 faţă de 30% în 1978) şi al Europei Occidentale (14—15% faţă de 18%) şi în special în beneficiul Americii Latine (care ar creşte de la 5% la 11—12%) şi al Africii de Nord — Orientul Mijlociu (de la 2% la 5—7%) (tabelul 1).

Aprovizionarea cu energie

La nivelul mondial, modificările cantitative ale diferitelor surse de aprovizionare cu energie ar urma să fie foarte diferenţiate (vezi tabelele 2, 3, 4 şi figurile 6, 7, 8).

Formele de energie necomerciale ar continua să manifeste o scădere relativă, dar volumul implicat riscă totuşi să fie în creştere pînă la niveluri globale de ordinul a un miliard tep, ceea ce va avea în multe regiuni consecinţe serioase pentru echilibrul ecosistemului forestier.

În principal, datorită presiunii ţărilor industrializate, *cărbunele* îşi va întări poziţia de sursă principală de energie la începutul secolului viitor, schimbînd tendinţa favorabilă petrolului, înregistrată începînd cu anii '60.

Vom fi, de asemenea, martorii unei dezvoltări substanţiale a *energiei nucleare* în Nord, dezvoltare care ar putea să asigure 8% în 2000 şi 13% în 2020 din consumul mondial de energie.

În acelaşi timp, energia obţinută din *surse noi* va cunoaşte o dezvoltare semnificativă (3% în anul 2000 şi 6% în 2020).

Energia *hidro* şi *gazele naturale* îşi vor menţine ponderea în jurul nivelurilor actuale (6 — 7% hidro şi 17—18% pentru gazele naturale). Cu toate acestea, aparenta stabilitate ascunde modificări cu profunde semnificaţii în structura cererii de energie. De fapt regiunile sudice vor totaliza în anul 2020 50—60% din producţia mondială de energie hidro (25% în 1978) şi 35—40% din consumul de gaze naturale (10% în prezent).

În fine, *petrolul* va manifesta tendinţe ce pot fi caracterizate printr-o reducere substanţială a ponderii sale pe piaţa mondială a consumului de energie (40% în 1978, sub 30% în 2000 şi sub 20% în 2020), dar şi prin dificultatea de a stăpîni creşterea volumului cererii de petrol, care ar putea ajunge la 3,5 Gtep în scenariul I la sfîrşitul perioadei şi ar începe să scadă sub nivelul prezent la sfîrşitul secolului, conform scenariului II.

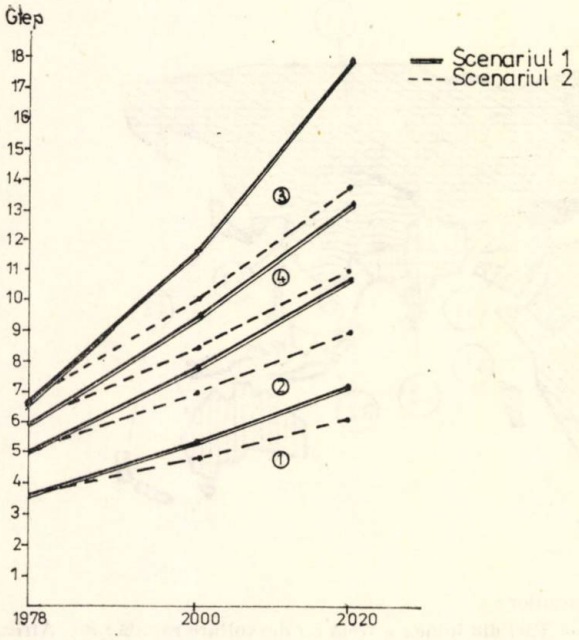


Fig. 2 .Cererea mondială pe zone mari.

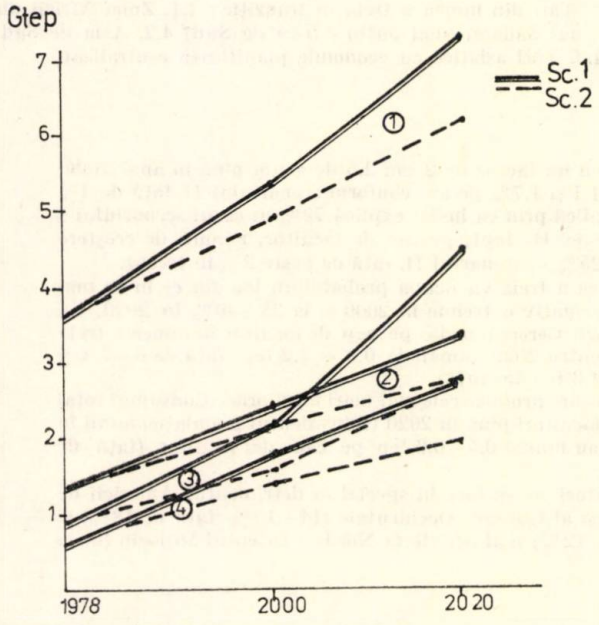


Fig. 3. Cererea fiecărei zone mari: 1-țări industrializate cu economie de piață; 2-țări industrializate cu economie planificată centralizat; 3-țări din lumea a treia cu dezvoltare rapidă; 4-țări din lumea a treia în tranziție.

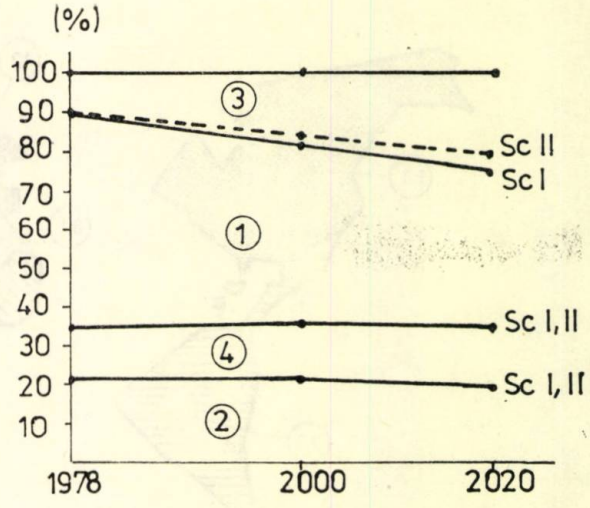


Fig. 4. Ponderea fiecărei zone în cadrul cererii mondiale (%).

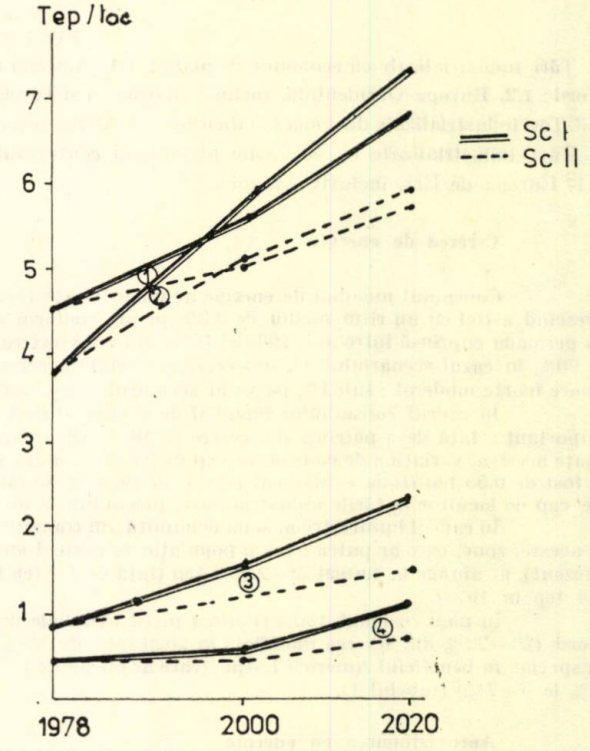


Fig. 5. Consum de energie pe cap de locuitor: 1 — țări industrializate cu economie de piață; 2 — țări industriale cu economie planificată centralizat; 3 — țări din lumea a treia cu dezvoltare rapidă; 4 — țări din lumea a treia în tranziție.

Acest fenomen, care pare să contravină tendințelor recent observate pe piața mondială a petrolului, are la bază creșterea continuă a cerințelor lumii a treia, cerințe susceptibile de a mobiliza, la nivelul anului 2020, 50—60% din consumul mondial de petrol (față de 20% în prezent).

Redistribuirea arătată a structurii consumatorilor nu va rămîne fără consecințe în ce privește strategia producătorilor. Mai mult, amploarea nevoii de petrol, la nivel mondial, în perspectivă întărește convingerea într-o consolidare a a prețului pe baril, odată cu depășirea actualei perioade de destindere.

Producția de energie

Evoluția structurii producției de energie pare să fie mai puțin contrastantă decît cea a consumului (vezi tabelul 5). Dacă producția ar trebui să crească în proporții corespunzătoare consumului (cu un factor de 2 — 2,5 pînă în 2020), ponderea pe piață a producătorilor rămîne mult mai stabilă.

Nordul își va putea menține o pondere de 55—60% pe piața mondială, acoperind toate formele de energie pe întreaga perioadă, dar bazîndu-se în special pe cărbune (3/4 din producție) și energie nucleară (80—90%).

Tabelul 1

Cererea de energie pe zone mari, Mtep

	1978			2000					2020				
	Mtep	Populația, milioane locuitori	Tep/loc.	Mtep		Populația, miliiane locuitori	Tep/loc.		Mtep		Populația, milioane locuitori	Tep/loc.	
				I	II		I	II	I	II		I	II
Țări industrializate cu economie de piață	3 720	820	4,53	5 340	4 845	960	5,56	5,05	7 350	6 190	1 070	6,86	5,78
Țări industrializate cu economie planificată centralizat	1 410	370	3,79	2 440	2 155	420	5,81	5,13	3 400	2 770	460	7,36	6,01
Total țări industrializate	5 130	1 190	4,30	7 780	7 000	1 380	5,64	5,08	10 750	8 960	1 530	7,01	5,85
Țări din lumea a treia cu dezvoltare rapidă	710	870	0,82	2 165	1 625	1 390	1,56	1,17	4 520	2 810	1 900	2,38	1,48
Țări din lumea a treia în tranziție	975	2 200	0,44	1 785	1 475	3 270	0,55	0,45	2 690	1 990	4 290	0,63	0,46
Total lumea a treia	1 685	3 070	0,55	3 950	3 100	4 660	0,85	0,67	7 210	4 800	6 190	1,16	0,78
Total mondial	6 815	4 260	1,60	11 730	10 100	6 040	1,94	1,67	17 960	13 760	7 720	2.33	1,78

Tabelul 2

Aprovizionarea cu energie, Mtep

	1960								1978							
	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Hidro	Nuclear	Surse noi	Surse necomerciale	Total	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Hidro	Nuclear	Surse noi	Surse necomerciale	Total
Țări industrializate cu economie de piață	690	715	345	130	—	—	80	1 960	740	1 800	725	255	130	—	70	3 720
Țări industrializate cu economie planificată centralizat	340	125	55	15	—	—	45	580	575	405	335	40	10	—	45	1 410
Total țări industrializate	1030	840	400	145	—	—	125	2 540	1 315	2 205	1 060	295	1 40	—	115	5 130
Țări din lumea a treia cu dezvoltare rapidă	15	100	15	10	—	—	140	280	30	340	85	60	5	5	185	710
Țări din lumea a treia în tranziție	155	20	5	10	—	—	290	480	355	135	15	35	—	—	435	975
Total lumea a treia	170	120	20	20	—	—	430	760	385	475	100	95	5	5	620	1 685
Total mondial	1 200	960	420	165	—	—	555	3 300	1 700	2 680	1 160	390	145	5	735	6 815

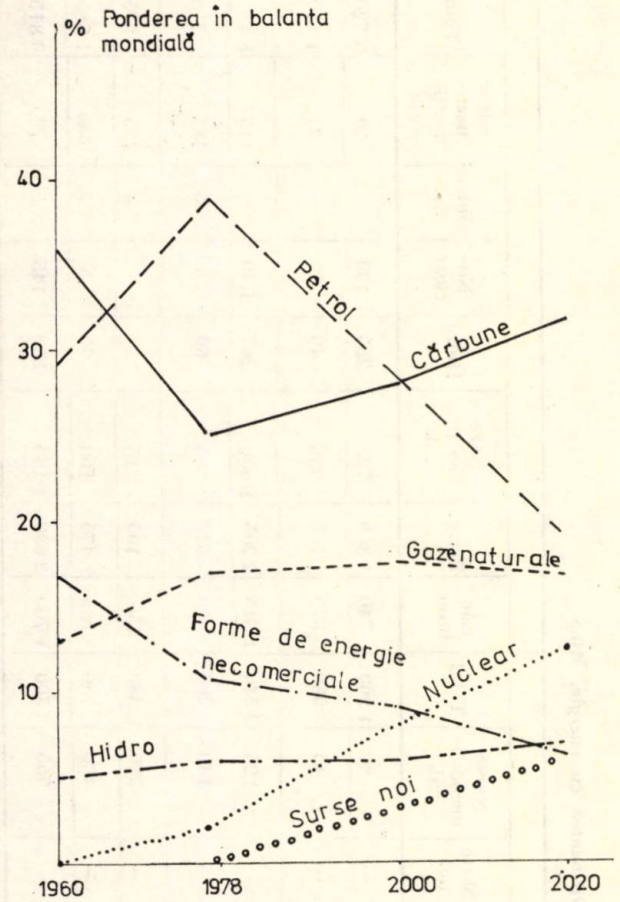


Fig. 6. Consumul de energie la nivel mondial. Structura aprovizionării.

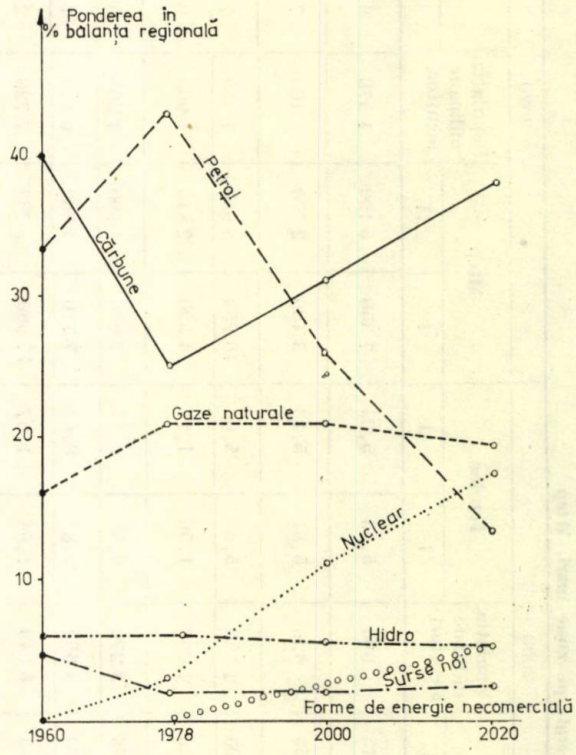


Fig. 7. Consumul de energie al țărilor industrializate. Structura aprovizionării.

Sudul ar putea să-şi mărească producţia de petrol între 2 şi 3 Gtep în 2020 faţă de 1,7 Gtep în 1978.

Dintre regiunile producătoare de petrol, s-ar putea ca Africa de Nord — Orientul Mijlociu să cunoască o reducere substanţială (10 — 11% din producţia mondială a tuturor formelor de energie în 2020, faţă de 18% în 1978) în special în folosul Americii Latine, care ar trece de la 6% la 11—12%.

Schimburile de energie

Comerţul mondial interregional ar putea cunoaşte modificări substanţiale (tabelul 6) în scenariul I, volumul său ar atinge 2Gtep în anul 2020 (faţă de 1,6 Gtep în 1978). În scenariul II, acesta s-ar reduce la 1,35 Gtep. Dar în raport cu necesarul de energie, el se va reduce continuu : 15 — 16% în 2000 şi 10 — 11% în 2020 (faţă de 22% în 1978).

Această evoluţie corespunde diminuării rolului pe care îl are petrolul şi unei tendinţe în creşterea utilizării surselor energetice locale.

Structura comerţului reflectă aceste modificări : petrolul, care în 1978 reprezenta peste 90% din schimburile la nivel mondial (1,5 Gtep), va scădea la 70% în 2000 şi la 50% în 2020 (0,7—1Gtep), în beneficiul cărbunelui (0,4—0,7 Gtep) în 2020 şi al gazelor naturale (0,2—0,3 Grep) (fig. 9, 10).

La nivel regional, situaţiile sînt foarte diferite.

În Nord, Europa Occidentală şi ţările industrializate din zona Pacificului, ar rămîne în mare măsură în situaţie de importatori : în pofida eforturilor de repliere Europa de Est ar rămîne cu o balanţă uşor excedentară, datorită gazelor naturale. Pe de altă parte, America de Nord şi-ar putea echilibra balanţa schimburilor spre sfîrşitul secolului şi să apară cu un uşor excedent (datorită cărbunelui) spre sfîrşitul perioadei.

În Sud, poziţia confortabilă la export a Africii de Nord — Orientului Mijlociu va începe să scadă apreciabil în volum abia după anul 2000.

Zona Africii din sudul Saharei şi-ar putea extinde capacitatea de export, în timp ce, în cadrul scenariului I, ar putea să apară tensiuni substanţiale care să afecteze Asia de Sud-Est ; dimpotrivă, un potenţial semnificativ la export ar putea să se manifeste din partea ţărilor cu planificare centralizată din Asia.

Tabelul 3

Aprovizionarea cu energie, Mtep

	2000 I								2000 II							
	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Hidro	Nuclear	Surse noi de energie	Surse necomerciale	Total	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Hidro	Nuclear	Surse noi de energie	Surs necomerciale-	Total
Țări industrializate cu economie de piață	1 695	1 415	900	350	645	185	150	5 340	1 515	1 315	810	335	570	150	150	4 845
Țări industrializate cu economie planificată centralizat	715	585	770	70	240	25	35	2 440	635	545	670	65	180	20	40	2 155
Total țări industrializate	2 410	2 000	1 670	420	885	210	185	7 780	2 150	1 860	1 480	400	750	170	190	7 000
Țări din lumea a treia cu dezvoltare rapidă	180	1 050	365	190	75	100	205	2 165	150	710	250	160	40	80	235	1 625
Țări din lumea a treia în tranziție	650	350	115	100	15	25	530	1 785	490	215	55	60	10	20	625	1 475
Total lumea a treia	830	1 400	480	290	90	125	735	3 950	640	925	305	220	50	100	860	3 100
Total mondial	3 240	3400	2 150	7 10	975	335	920	11 730	2 790	2785	1 785	620	800	270	1050	10 100

Aprovizionarea cu energie, Mtep

Tabelul 4

	2020 I								2020 II							
	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Hidro	Nuclear	Surse noi de energie	Surse necomerciale	Total	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Hidro	Nuclear	Surse noi de energie	Surse necomerciale	Total
Țări industrializate cu economie de piață	3 160	875	930	410	1 310	485	180	7 350	2 585	790	780	390	1 040	425	180	6 190
Țări industrializate cu economie planificată centralizat	930	530	1 100	130	600	80	30	3 400	780	420	940	100	450	50	30	2 770
Total țări industrializate	4 090	1 405	2 030	540	1 910	565	210	10 750	3 365	1 210	1 720	490	1 490	475	210	8 960
Țări din lumea a treia cu dezvoltare rapidă	625	1 640	880	540	320	320	195	4 520	380	890	540	370	130	250	250	2 810
Țări din lumea a treia în tranziție	965	530	250	280	65	115	485	2 690	640	330	145	145	30	75	625	1 990
Total lumea a treia	1 590	2 170	1 130	820	385	435	680	7 210	1 020	1 220	685	515	160	325	875	4 800
Total mondial	5 680	3 575	3 160	1 360	2 295	1 000	890	17 960	4 385	2430	2 405	1 005	1 650	800	1 085	13 760

Producția de energie, Mtep *Tabelul 5*

	1978				2000								2020							
					I				II				I				II			
	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Total (1)	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Total (1)	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Total (1)	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Total (1)	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Total (1)
Țări industrializate cu economie de piață	720	690	690	2560	1 730	765	655	4 480	1 570	770	630	4 180	3 060	650	620	6 720	2 540	620	560	5 760
Țări industrializate cu economie planificată centralizat	600	575	345	1 620	790	595	835	2 590	665	520	720	2 210	1 000	520	1 200	3 560	800	400	1 000	2 830
Total țări industrializate	1 320	1 265	1 035	4 180	2 520	1 360	1 490	7 070	2 235	1 290	1 350	6 390	4 060	1 170	1 820	10 280	3 340	1 020	1 560	8 590
Țări din lumea a treia cu dezvoltare rapidă	20	1 520	130	1 930	130	2 030	550	3 290	120	1 550	400	2 600	430	2 250	1 050	5 120	330	1 600	720	3 660
Țări din lumea a treia în tranziție	360	230	20	1 070	670	550	135	2 020	500	350	60	1 620	1 050	740	410	3 130	670	430	170	2 140
Total lumea a treia	380	1 750	150	3 000	800	2 580	685	5 310	620	1 900	460	4 220	1 480	2 990	1 460	8 250	1 000	2 030	890	5 800
Total mondial	1 700	3 015	1 185	7 180	3 320	3 940	2 175	12 380	2 855	3 190	1 810	10 610	5 540	4 160	3 280	18 530	4 340	3 050	2 450	14 390

(1) Total = combustibil fosili + energie hidroelectrică + nuclear + surse noi + forme necomerciale

Schimburi energetice între regiuni [1]), Mtep *Tabelul 6*

	1978				2000								2020							
					I				II				I				II			
	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Total	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Total	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Total	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Total	Cărbune	Petrol	Gaze naturale	Total
America de Nord	+22	−341	−1	−320	+170	−160	−25	−15	+155	−120	−10	+25	+185	−50	—	+135	+170	−35	—	+135
Europa de Vest	−40	−602	−22	−666	−170	−525	−160	−855	−120	−470	−100	−690	−370	−380	−200	−950	−260	−325	−130	−715
Țări industrializate din zona Pacificului	−12	−252	−14	−278	−20	−220	−65	−305	−25	−200	−65	−290	—	−160	−105	−265	−10	−135	−90	−235
Europa de Est	+25	+32	+9	+66	+75	−70	+65	+70	+30	−70	+50	+10	+70	−60	+100	+110	+20	−50	+60	+30
Africa de Nord Orientul Mijlociu	−1	+102	+27	+1002	−5	+930	+95	+102	−5	+760	+75	+830	−60	+665	+40	+645	−35	+550	+85	+60
Africa — la Sud de Sahara [2])	+9	+75	—	+84	+55	+95	—	+150	+40	+100	—	+140	+75	+90	—	+165	+45	+100	—	+145
Asia de Sud	—	−22	+3	−19	—	−40	+5	−35	—	−30	+5	−25	+5	−60	+10	−45	—	−40	+10	−30
Asia de Sud-Est	−2	−12	+11	−3	−40	−125	+50	−115	−20	−65	+35	−50	−130	−225	+50	−305	−20	−45	+30	−35
Țări din Asia cu planificare centralizată	+1	+12	—	+13	+20	+100	—	+120	+10	+25	—	+35	+80	+95	+100	+275	+30	−5	—	+25
America Latină	−5	+9	—	+4	−10	—	+25	+15	−5	—	+20	+15	−10	—	+40	+30	—	—	+30	+30
Total mondial	−3	−99	+13	−89	+75	−15	−10	+50	+60	−70	+10	0	−155	−85	+35	−205	−60	+15	−5	−50

[1]) + = balanța la export ; − = balanța la import ; [2]) inclusiv Africa de Sud.

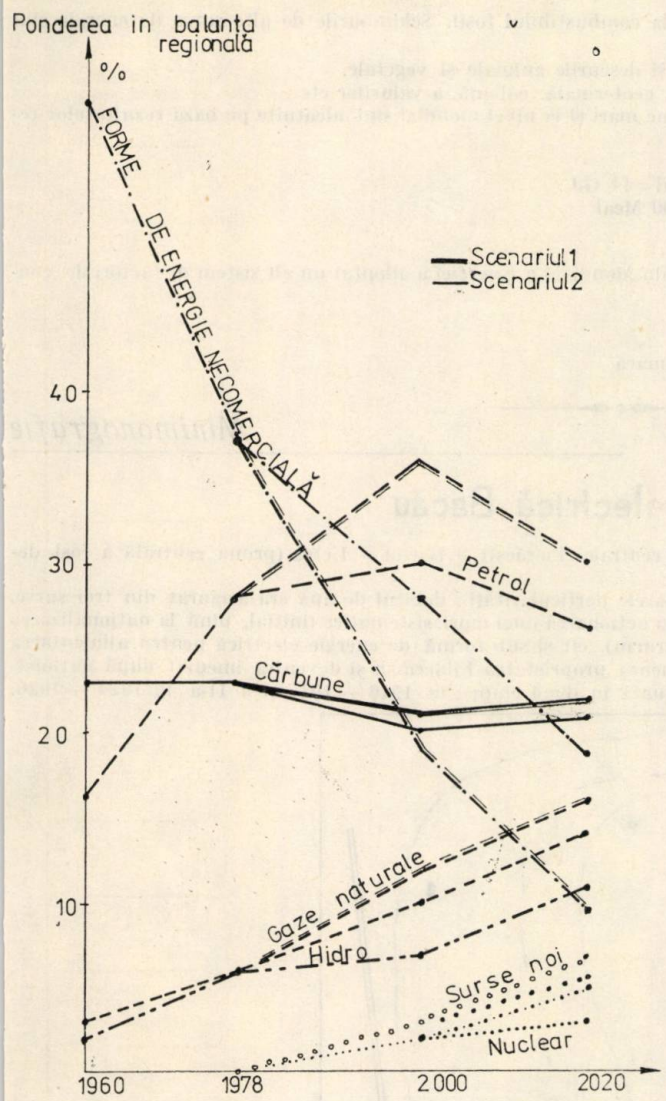


Fig. 8. Consumul de energie al lumii a treia. Structura aprovizionării.

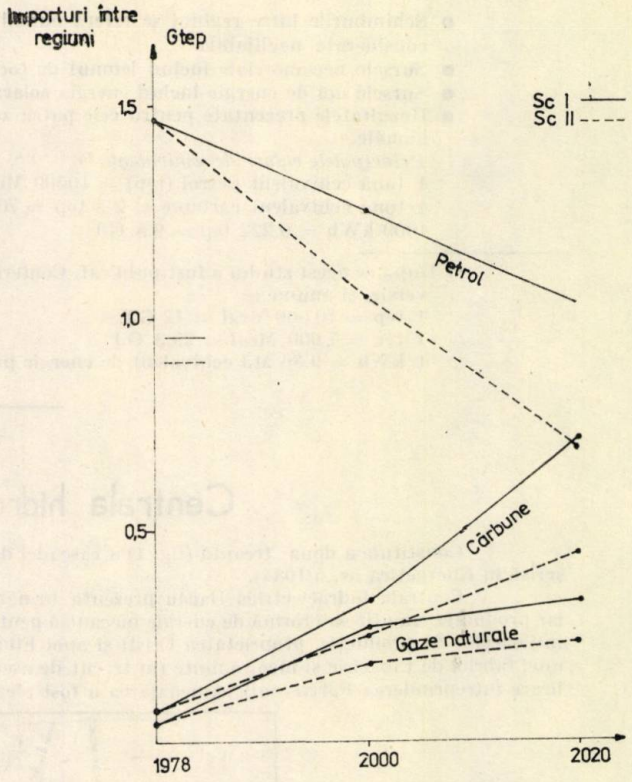


Fig. 9. Importul global de energie între regiuni.

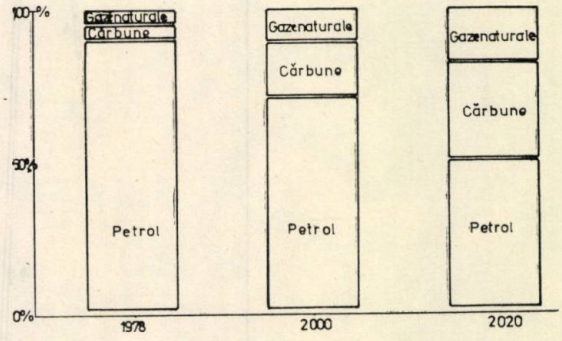


Fig. 10. Structura schimburilor între regiuni.

Concluzii

Prognozele globale ale prezentului studiu prezintă un recul în raport cu cele elaborate la München.

Scenariul I, ca rezultate globale, se apropie de scenariul (C), considerat la acea vreme ca fiind pesimist ; scenariul II se situează destul de mult sub acesta.

Criza economică a contribuit la amînarea scadenţelor care sînt critice, fără a le micşora însă gravitatea.

Intrarea într-o epocă a energiei constisitoare este pe deplin confirmată. De altfel, cantitatea de energie care va trebui să fie asigurată cumulat de acum şi pînă în anul 2020 este de 400—500 Gtep.

În pofida tuturor eforturilor de a găsi soluţii alternative, petrolul va rămîne sursa de energie cea mai solicitată, deşi în condiţii din ce în ce mai dificile.

Astfel, necesitatea de a urmări policiti ferme de utilizare raţională a energiei şi de substituire a petrolului este mai mult ca niciodată justificată, în ciuda situaţiei actuale, aparent mai uşoare.

Dacă acest lucru nu se realizează, soarta deja precară a regiunilor cele mai populate şi mai handicapate ar putea să se agraveze şi mai mult, creînd astfel riscuri suplimentare pentru pacea mondială.

Definiţii — Valori echivalente

- Bilanţurile sînt exprimate numai în energie primară.
- Cererea de energie include consumul necomercial, dar este definită ca excluzînd variaţiile de stoc, depozitele şi utilizările neenergetice. Aceste trei elemente sînt totuşi incluse la nivelul producţiei de energie.
- Producţia de energie regională este presupusă a fi egală cu consumul de energie nucleară, hidroelectrică, din surse noi şi surse necomerciale.

  Tabelele de producţie se referă numai la combustibilul fosil (cărbune, petrol şi gaze naturale), dar totalul include şi eclelalte patru surse.
- Au fost studiate numai schimburile între cele 10 regiuni. Nu s-au efectuat analize ale schimburilor în cadrul regiunilor.

- Schimburile între regiuni se referă numai la combustibilul fosil. Schimburile de alte surse de energie sînt considerate neglijabile.
- Sursele necomerciale includ lemnul de foc și deșeurile animale și vegetale.
- Sursele noi de energie includ energia solară, geotermală, eoliană, a valurilor etc.
- Rezultatele prezentate pentru cele patru zone mari și la nivel mondial sînt alcătuite pe baza rezultatelor regionale.

Principalele valori de echivalență [1])

1 tonă echivalent petrol (tep) = 10500 Mcal=44 GJ
1 tonă echivalent cărbune = 2/3 tep = 7000 Mcal
1000 kWh = 0.222 tep = 9,8 GJ

[1]) După ce acest studiu a fost publicat, Conferința Mondială a Energiei a adoptat un alt sistem de factori de conversie, și anume :
1 tep = 10 000 Mcal = 42 GJ
1 tec = 7 000 Mcal = 29,3 GJ
1 kWh = 9,36 MJ echivalent de energie primară

Minimonografie

Centrala hidroelectrică Bacău

Constituie a doua treaptă (fig. 1) a cascadei de centrale Gherăești — Bacău — Letea (prima centrală a fost descrisă în Energetica nr. 5/1984).

Centrala hidroelectrică Bacău prezenta următoarele particularități : debitul de apă era asigurat din trei surse, iar producția era atît sub formă de energie mecanică pentru acționarea unei mori sistematice (inițial, pînă la naționalizarea mijloacelor de producție, proprietatea Cristi și apoi Filderman), cît și sub formă de energie electrică pentru alimentarea unei fabrici de tăbăcirie și încălțăminte (în trecut de asemenea proprietatea Filderman și devenită imediat după naționalizare întreprinderea Partizanul). Amenajarea a fost efectuată în două etape : în 1916 — 1917 și a II-a în 1924 — 1926.

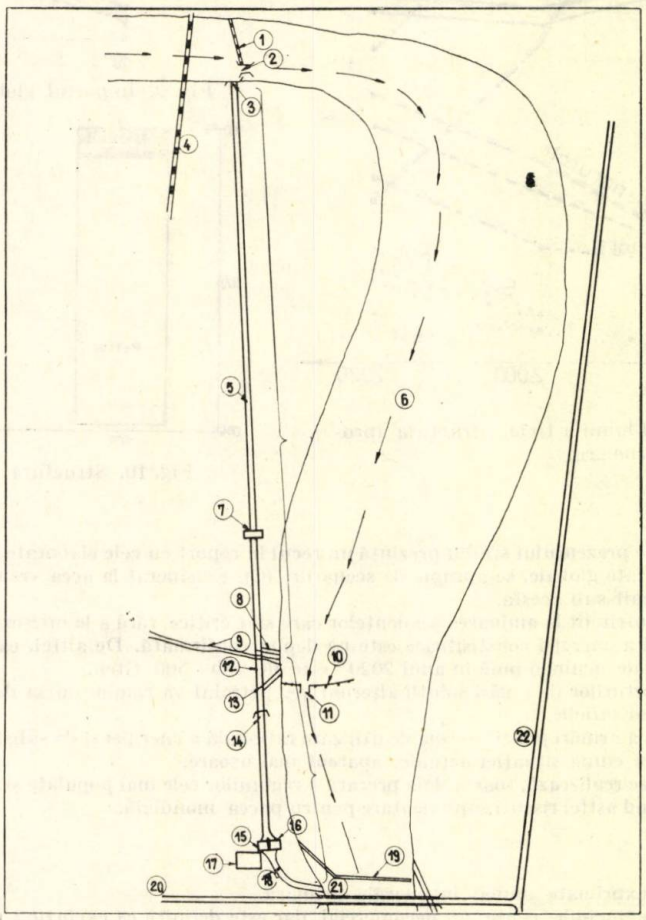


Fig. 1. Schiță de amplasare a centralelor hidroelectrice Gherăești și Bacău pe Bistrița : 1 — prag deversor ; 2 — pasaj pentru plute ; 3 — stăvilar cu patru vane ; 4 — CFR Bacău — Roman ; 5 — canalul de aducțiune ; 6 — lacul actual de acumulare ; 7 — centrala hidroelectrică Gherăești ; 8 — deversarea în Bistrița a canalului de evacuare ; 9 — pîrîul Bîrnat ; 10 — prag deversor ; 11 — pasaj pentru plute ; 12 — preluarea apei din canalul de evacuare pentru centrala Bacău ; 13 — preluarea apei din Bistrița pentru centrala Bacău ; 14 — stăvilar ; 15 — centrala hidromecanică ; 16 — centrala hidroelectrică ; 17 — moara ; 18 — canalul de evacuare a centralelor Bacău ; 19 — stăvilarul lacului de acumulare nou creat ; 20 — șoseaua DN Bacău — Roman ; 21 — pod rutier peste Bistrița ; 22 — șoseaua DN Bacău — Roman.

Alimentarea cu apă se făcea din canalul de evaluare al centralei Gherăeşti, din pîrîul Bîrnat şi din Bistriţa, toate cele trei debite fiind preluate de canalul de aducţiune, în lungime de 900 m, paralel cu Bistriţa şi în prelungirea canalului de evacuare al precedentei centrale, capabil a vehicula un debit de 24 m^3/s. Abaterea apei din Bistriţa s-a realizat în 1926 pentru a se mări debitul la 24 m^3/s (debitul minim în perioadele de secetă), prin construirea unui prag transversal pe rîu, din fascine umplute cu bolovani şi consolidat cu piloţi, lăsîndu-se şi un pasaj pentru plute, adică o soluţie analoagă celei pentru centrala Gherăeşti. În aval de cele trei „prize", în canalul de aducţiune era instalat un stăvilar pentru reglarea debitului de apă.

Canalul de aducţiune alimenta cele două centrale : cea hidromecanică de 240 CP, pusă în funcţiune în 1917, şi cea hidroelectrică, pusă în funcţiune în 1926.

Prima era o construcţie în totalitate din lemn (clădirea, eşafodajul camerelor celor două turbine, camera vanelor de admisie şi evacuare etc.). Turbinele de tip Francis, ambele funcţionînd la cădere de 1,75 m, una pentru 12 m^3/s, 180 CP şi cealaltă pentru 4m^3/s, 60 CP, erau echipate cu palete directoare şi regulator automat centrifugal. Ele acţionau prin angrenaje o axă lungă, care intra în moară şi de la care erau antrenate instalaţiile acesteia.

Centrala hidroelectrică, amplasată lateral celei precedente, la circa 30 m, construită din beton şi cărămidă, era echipată cu o singură turbină Francis, cu ax vertical, funcţionînd la o cădere de 1,75 m pentru 24 m^3/s şi 240 CP. Pe axul turbinei era montată o roată dinţată care acţiona generatorul electric, de construcţie deschisă de 100 kW, 380/220 V, cu excitatoarea în capul arborelui. Printr-o roată cu şanţuri pentru otgoane, turbina putea acţiona şi axul morii. Această dispoziţie permitea deci ca axul morii să fie acţionat de turbinele primei centrale sau de turbina celei de a doua centrale şi chiar de toate cele trei turbine simultan, soluţia fiind remarcabilă pentru acele timpuri.

Canalul de evacuare cu acelaşi profil ca şi aducţiunea, în lungime de 900 m, debuşa în Bistriţa la circa 100 m amonte de podul rutier peste acest rîu al DN Bacău — Roman.

Această amenajare a fost desfiinţată în 1949, moara arzînd în acel an, iar fabrica Partizanul, dezvoltată pe acelaşi teren, a fost alimentată din reţeaua oraşului.

Ing. Paul Cartianu — ISPE
Ing. Ioan Mazilu — IRE Bacău

Cronică

A III-a consfătuire pe ţară cu tema: „Valorificarea resurselor energetice şi utilizarea raţională a energiei electrice şi termice"

— Braşov, 21 — 23 iunie 1984 —

În perioada 21—23 iunie 1984 a avut loc la Braşov cea de-a III-a consfătuire pe ţară cu tema : „Valorificarea resurselor energetice şi utilizarea raţională a energiei electrice şi termice".

Consfătuirea a fost organizată de către Ministerul Energiei Electrice, ICEMENERG, IEIRIEDEET Braşov, Comitetul Uniunii Sindicatelor din Intreprinderile Miniere, Petrol, Geologie şi Energie Electrică, precum şi Comisia inginerilor şi tehnicienilor a întreprinderii Tractorul Braşov.

Scopul consfătuirii l-a constituit prezentarea şi dezbaterea într-un cadru larg a experienţelor pozitive şi a măsurilor aplicate de institute de cercetări, inginerie tehnologică şi proiectări, de întreprinderi centrale industriale şi ministere în direcţia reducerilor consumurilor de energie electrică şi termică şi utilizare a acestora cu maximă eficienţă.

La consfătuire au participat peste 400 specialişti în energetică şi tehnologie din unităţi industriale, agricultură, transporturi, din institute de cercetare, proiectare şi inginerie tehnologică, din institute de învăţămînt superior, din centrale industriale şi ministere.

Lucrările consfătuirii care au cuprins 78 referate din practic toate domeniile de activitate, s-au desfăşurat în cadrul a trei secţii şi anume :

Secţia I : *Energetică generală*

Preşedinte : dr. ing. Călin Mihăileanu — I.C.C.E.
Vicepreşedinte : ing. Ion Măiereanu — MEE — DTSNRE
Raportor general : dr. ing. Mario Duma — ICEMENERG

Secţia a II-a : *Electroenergetică industrială*

Preşedinte : ing. Victor Mirea — CIRE
Vicepreşedinte : ing. Octavian Boboc — IEIRIEDEET — Braşov
Raportor general : ing. Vasile Rugină — ICEMENERG

Secţia a III-a : *Termoenergetică industrială*

Preşedinte : ing. Constantin Cristea — MATMCGFF
Vicepreşedinte : Beiu Claudiu — CNŞT
Raportor general : ing. Dumitru Preda — ICEMENERG

În continuare vor fi relevate cîteva din aspectele mai importante rezultate din referate şi discuţiile purtate :

1. Am intrat, treptat , într-o nouă etapă în care, fără să se fi epuizat toate posibilităţile de economisire prin combaterea risipei, măsuri organizatorice etc., utilizarea raţională a energiei a devenit şi va fi în continuare o problemă de progres tehnic, de concepţie a instalaţiilor, tehnologiilor, materialelor, a structurilor energetice şi economice, o rezultantă a nivelului tehnic şi calitativ rezultat în întreaga activitate.

2. Prezintă interes şi trebuie să fie urmărite în mod conjugat economiile la :
— consumurile directe de energie ;
— consumurile cumulate de energie ;
— consumurile totale de energie (incluzînd consumurile cumulate pentru realizarea produselor şi instalaţiilor, plus cele necesare pentru utilizarea acestora în decursul duratei lor de viaţă).

Este deosebit de importantă problema perfecționării indicatorilor care caracterizează consumurile energetice (directe, cumulate, totale) și criteriile de eficiență energetică. Aceștia trebuie să reflecte în mod adecvat complexitatea implicațiilor energetice în procesele de consum, în SEN și la scara economiei naționale, precum și în timp. Anumite aspecte (de conținut, terminologie, metodologie, relații de calcul, asigurare cu date și informații) sînt deschise și necesită clarificări. A fost recomandată organizarea unei analize și dezbateri interdisciplinare dedicate acestei probleme, care să aibă loc la ICEMENERG.

Măsurile, acțiunile, soluțiile tehnice pentru economisirea energiei electrice trebuie să fie analizate complex, cu luarea în considerare a tuturor consecințelor directe și indirecte, astfel încît să se asigure economii de energie și eficiență economică specială maximă la scară SEN și a economiei naționale. Această analiză complexă presupune o informare adecvată asupra tuturor factorilor și condițiilor din sistem, evitîndu-se calcule simpliste și aprecieri eronate care pot decurge din acestea. În comparațiile între întreprinderi și în comparațiile internaționale se impune analiza complexă a condițiilor, astfel încît să se asigure comparabilitatea datelor și corectitudinea concluziilor.

O problemă concretă ce a rezultat din confătuire ca necesitînd o analiză complexă aprofundată, o constituie utilizarea eficientă a instalațiilor de termoficare în contextul general al alimentării cu căldură și al funcționării SEN. S-a propus organizarea unei analize și dezbateri interdisciplinare speciale care să aibă loc la ISPE, în sprijinul studiilor ce se efectuează în acest institut privind termoficarea și alimentarea cu căldură.

4. S-a reconfirmat utilitatea bilanțurilor energetice care trebuie să fie efectuate la nivel de utilaj, proces tehnologic, întreprindere, platformă industrială, localitate, județ, ramură, mergînd pînă la nivelul economiei naționale. Construirea adecvată a bilanțurilor, analiza și interpretarea acestora, este de natură să localizeze pierderi, să evidențieze priorități în acțiunea de economisire a energiei. În special la bilanțurile electroenergetice este necesar să se evidențieze nu numai pierderile în elementele parcurse de curent, ci și (mai ales) pierderile mecanice sau de altă natură în mașini și utilaje.

5. Preocupările pentru economisirea energiei electrice trebuie să fie corelate cu cele de perspectivă, privind promovarea energiei electrice în sectoarele de consum final. Multe dintre resursele energetice de substituire a hidrocarburilor se transformă, prioritar sau exclusiv, în energie electrică. Ponderea energiei electrice în consumul total de energie este în creștere și această tendință va continua. Sînt necesare măsuri de îmbunătățire a echipamentelor, tehnologiilor, precum și a pregătirii cadrelor, pentru ca acest fenomen să se producă în condiții de eficiență energetică și economică.

6. Receptoarele electrotermice (în particular, cuptoarele electrice cu arc, cuptoarele de tratament termic etc.) oferă posibilități importante de economisire a energiei electrice. Utilizarea regimurilor UHP în exploatarea cuptoarelor electrice de 100 tone conduce la puteri specifice instalate mai mari cu 57 ... 167% față de cele normale, dar durata de topire și consumurile energetice specifice scad mult. Este foarte important ca restricțiile legate de calitatea zidăriei și a electrozilor să fie eliminate.

7. Utilizarea acționărilor electrice cu cascadă subsincronă oferă posibilități importante de economisire a energiei electrice la pompe și ventilatoare cu sarcină variabilă.

La astfel de mecanisme cu sarcină constantă este necesară adaptarea caracteristicilor utilajului la caracteristicile rețelei și evitarea strangulărilor în circuitul fluidului de lucru. A fost prezentată o metodă de modificare a caracteristicilor unei pompe prin care se reduce diametrul cercului circumscris extremităților paletelor rotorice prin strunjire, păstrînd diametrul discurilor frontale.

8. Sistemele actuale de producere, distribuire și utilizare a aerului comprimat au o eficiență scăzută și este de dorit ca acest agent energetic să fie înlocuit. Aceasta nu se va putea realiza însă decît pe măsura elaborării unor tehnologii și utilaje care să asigure — cu alți purtători — avantajele calitative specifice pe care le oferă aerul comprimat. Pînă atunci sînt necesare acțiuni și măsuri tehnice pentru evitarea pierderilor în rețelele cu aer comprimat, creșterea randamentelor utilajelor specifice și întreținerea lor corespunzătoare, valorificarea resurselor refolosibile (termice și de suprapresiune) din instalațiile de aer comprimat.

9. Volumul resurselor energetice recuperabile în cadrul întreprinderilor industriale și pe totalul economiei naționale este considerabil. Problema reutilizării acestora în cadrul aceleiași unități în care au fost generate a fost, în multe cazuri, rezolvată corespunzător. Au fost prezentate și discutate numeroase cazuri concrete, extrem de interesante.

Există însă numeroase cazuri în care resursele energetice secundare nu își găsesc utilizare în cadrul unității în care au fost produse și care pot fi puse la dispoziție unui alt consumator. Pentru aceasta este necesară crearea unui sistem informațional adecvat care să permită identificarea rapidă a perechilor : producător — utilizator de resursă.

10. Resursele energetice recuperabile de potențial termic scăzut sînt importante. Folosirea pompelor de căldură și a tuburilor tremice mărește posibilitățile de utilizare a acestora.

Sînt necesare însă eforturi interdisciplinare și interdepartamentale pentru a identifica noi consumatori și noi echipamente de valorificare a căldurii acestei categorii de resurse.

11. În numeroase unități există realizări valoroase în direcția utilizării raționale a energiei. Aceste realizări au adesea un caracter local. Se impune ca administratorul energetic unic să creeze un cadru informațional care să permită identificarea echipamentelor, materialelor, tehnologiilor etc. noi sau modificate, dirijarea rapidă a informațiilor către factorii sau forurile interesate și generalizarea lor rapidă.

Se consideră că din acest punct de vedere conferința a avut un rol pozitiv, prilejuind un rodnic schimb de idei între cei prezenți.

Ing. Vasile Rugină — ICEMENERG

Al V-lea simpozion

„Modelarea cibernetică a proceselor de producţie"

— Bucureşti, 14 — 16 iunie 1984 —

În perioada 14 — 16 iunie a avut loc la A.S.E. al V-lea simpozion „Modelarea cibernetică a proceselor de producţie" organizat de Academia de Studii Economice prin Catedra şi Laboratoarele de Cibernetică Economică în colaborare cu Comisia de cibernetică a Academiei R.S.R. şi Institutul Central pentru Conducere şi Informatică.

Lucrările prezintă realizări importante obţinute în diferite colective de muncă din ţară — institute de învăţămînt superior, institute de cercetări şi de proiectări, centre de calcul de nivel central, departamental sau din întreprinderi.

Referatele au fost grupate pe şase secţiuni :

Secţiunea I — Modelarea sistemelor cibernetico-economice (43 lucrări)

Secţiunea a II-a — Intreprinderea — sistem cibernetic ; aplicaţii ale teoriei optimizării în funcţionarea mecanismului economico-financiar (74 lucrări)

Secţiunea a III-a — Metode şi modele de simulare în conducerea activităţii economice (17 lucrări)

Secţiunea a IV-a — Sisteme informaţionale şi informatice în economie (44 lucrări)

Secţiunea a V-a — Tehnici de programare (28 lucrări)

Secţiunea a VI-a — Sisteme cibernetico-economice ale resurselor umane (12 lucrări)

În total, în cadrul simpozionului au fost prezentate 218 lucrări. Acestea au cuprins un număr mare de direcţii de cercetare în domeniul ciberneticii şi informaticii economice. Au fost dezbătute probleme de modelare cibernetică a avuţiei naţionale, ale sistemului eficienţă-rentabilitate, ale previziunii cererii populaţiei, resurselor umane, prognozei producţiei globale şi producţiei nete industriale, creşterii cantităţii de informaţie în industrie ş.a. A fost prezentă modelarea matematică şi prognoza sistemului naţional al energiei, precum şi prognoza dezvoltării energetice în corelaţie cu prognoza dezvoltării economice.

Au fost expuse, de asemenea, multe rezultate ale cercetărilor legate de algoritmi şi metode de optimizare a fenomenelor şi proceselor economice, lucrări rezultate din pătrunderea pe scară tot mai largă a ciberneticii şi informaticii în întreaga economie românească, precum şi metode şi modele de simulare în conducerea activităţii economice la nivel de secţie, întreprindere, oraş. Au mai fost dezbătute probleme legate de metode şi tehnici de proiectare, organizare şi exploatare a sistemelor informaţionale şi informatice economice la nivel de ramură sau întreprindere, pachete generalizate de programe, precum şi un număr însemnat de aplicaţii ale bazelor de date.

Din numărul total de 218 lucrări prezentate, 12 referate s-au ocupat în mod direct şi explicit de probleme de energie. Acestea sînt (în ordinea în care au apărut în program) :

1. Model matematic-euristic pentru asistarea deciziei în sistemele de distribuţie a energiei electrice

Autori : dr. ing. Fl. Stănciulescu, ing. M. Sularia — ICI

2. Metodologie de calcul, inclusiv modele matematice, pentru corelarea prognozei dezvoltării energetice cu prognoza dezvoltării economice CORENEC—83

Autori : dr. ing. M. Duma, ec. Gh. Pribeag, ec. Ana Dobre — ICEMENERG

3. Model de analiză şi prognoză a dezvoltării sistemului naţional al energiei României SNER — 1 —83. Unele elemente ale soluţiei de modelare.

Autori : dr. ing. M. Duma, mat. Cornelia Novak, mat. Georgeta Stănciulescu, mat. Zachie Frăţilă — ICEMENERG

4. Cibernetica energetică industrială chimică

Autori : dr. ing. I. Grigoriu, ing. Alexandra Gruescu — IITPIC

5. Extinderea conceptului de sistem de marketing în domeniul heliosurselor de energie

Autori : ing. A. Kepes — ICPE

6. Energia şi corelaţia informaţională fuzzy

Autori : lect. M. Brescan — IPG — Ploieşti

7. Flux decizional pentru optimizarea alegerii sursei energetice de alimentare a unei pompe de irigaţii funcţionînd într-o regiune izolată

Autori : ing. A. Kepes — ICPE

8. Aspecte practice ale utilizării programării liniare în realizarea amestecurilor de combustibili şi carburanţi aplicate la CP Midia — Năvodari

Autori : dr. ing. V. Laibner — CP Midia, N. Dancu, Gh. Dancu, Gabriela Manea — CTCE Constanţa

9. Metodă şi criterii pentru calculul şi analiza eficienţei economice a utilizării informaticii în ramura energiei electrice şi termice.

Autori : ing. G. Grigoriu, dr. ing. N. Chirculescu, ing. M. Ursu — ISPE

10. Programul „SPADA" — o aplicaţie în timp real de supraveghere de proces cu aplicaţie în energetică

Autori : ing. S. Livezeanu, ing. O. Ghica, F. Kolbay — ICEMENERG

11. Realizarea unei baze de date tehnico-economice în contextul unui sistem informaţional neadaptat prelucrării automate a datelor

Autor : Tatiana Andronache — Energomontaj.

12. Baza de date mecano-energetică pentru ramura prelucrării lemnului şi materialelor de construcţii

Autori : Lucia Ciulacu, D. Rotaru, M. Boeriu — CC MILMC

De asemenea, au prezentat interes pentru energetică numeroase comunicări cu caracter general economic — privind mecanismul de funcţionare a economiei socialiste, conversia extraeconomicului în economic, corelaţii între indicatori de eficienţă, compatibilitatea metodologică a informaţiilor economice şi altele.

Simpozionul a constituit un interesant şi util schimb de vederi interdisciplinar şi de experienţă în cercetarea proceselor economice.

Ec. Ana Dobre—ICEMENERG

Simpozionul național de comunicări tehnico-științifice pentru tineret "Orientări actuale și de perspectivă în știința și tehnica românească"

— București, 10—11 august 1984 —

Desfășurat în zilele de 10—11 august, simpozionul organizat de Comitetul Central al Uniunii Tineretului Comunist, în cadrul căruia peste 400 de autori au prezentat, în șapte secțiuni organizate pe specialități, mai mult de 350 comunicări, rod al preocupărilor de creație la locuri de muncă de pe toate meleagurile țării, a reprezentat o trecere în revistă a realizărilor profesionale ale tinerilor țării noastre.

Au fost prezentate 36 de comunicări tehnico-științifice avînd 56 de autori, venind din 20 unități și 15 județe ale țării, rămase după selecția finală, în vederea dezbaterilor Secțiunii de Energetică.

Autorii care s-au confruntat într-o adevărată întrecere de talent și profesionalitate la Secțiunea de Energetică desfășurată la ICEMENERG, au pus probleme mari prezidiului secțiunii în alegerea premianților, departajarea trebuind să fie făcută cu o atenție deosebită față de nivelul global foarte ridicat al marii majorități a comunicărilor.

Temele care au făcut obiectul lucrărilor susținute s-au constituit într-o arie largă de domenii abordate cu modalități diverse și complete de rezolvare, aproape fără excepție de indiscutabilă originalitate.

Rezolvarea complexă a unor probleme importante de energetică, a reducerilor consumurilor de energie, a implementării de tehnologii noi în producerea și utilizarea energiei, devenită o preocupare de prim interes, s-a dovedit o dată în plus drept realitate indubitabilă în cadrul Secțiunii de Energetică a simpozionului. Trebuie subliniate în mod pregnant, competența, tratarea completă de la concepție, proiectare, experimentare, model industrial, omologare și chiar brevetări de invenții pentru elemente de noutate, pe care le-au ocazionat multe dintre lucrări, denotînd un volum impotant de muncă tenace.

Premiul întîi a fost decernat pentru două comunicări apreciate că s-au situat la paritate sub raportul valorii de originalitate, aplicativitate în producție și importanței economice, astfel :

Lucrarea datorată colectivului dr. ing. C. Moldoveanu, sing. V. Manițiu și ing. M.Pălici, din București, cu titlul „Cercetări privind metodologia de apreciere a stării înfășurărilor transformatoarelor de putere din serviciile interne ale centralelor electrice după solicitările electrodinamice".

Reținem din caracterizarea făcută de prezidiul secției pentru justificarea premierii : „rezultatele obținute sînt originale și au condus la consacrarea unei metode românești valoroase, aplicată cu rezultate bune în cadrul laboratoarelor de mare putere din țară. Atît metoda elaborată-defectoscopia prin metoda implusurilor de joasă tensiune — cît și aparatura realizată pe baza concepției descrise în lucrare, se plasează printre realizările de frunte pe plan internațional".

Tot premiul întîi a fost decernat lucrării prezentată de ing. D.Silvestru din Iași cu titlul „Recuperarea resurselor energetice secundare cu ajutorul transformatoarelor de căldură".

Din justificarea acordării premiului reținem : „Se tratează posibilitatea recuperării energiei termice din fluide cu temperaturi coborîte cu ajutorul transformatorului de căldură. A fost construit un pilot de 5 Gcal. Preocuparea face parte dintr-un domeniu nou, este materializată printr-un model realizat și conduce la efecte economice importante" (cu ajutorul instalației create se poate obține încălzirea unui cartier cu 1200 apartamente din orașul Iași, utilizînd căldură-deșeu).

Premiul doi a fost acordat lucrării susținute de ing. Ioan Dorin Hațegan din Hunedoara avînd titlul „Considerații privind măsurarea energiei electrice active la consumatori cu regim deformant ai întreprinderii și analiza erorilor introduse în acest regim".

Prezidiul a acordat acest premiu motivînd, printre altele : „Tratarea este aprofundată și completă (modelarea proceselor, soluțiile adoptate pentru experimentări, evaluarea efectelor economice realizate din ameliorarea tehnologiei de măsură)".

Premiul trei a fost acordat pentru două lucrări ale aceluiași autor : ing. Dorel Stamatin Michiu din Bacău, cu titlurile :

„Cercetări privind tehnologia de reparație a transformatoarelor avînd mediu de răcire dielectrici sintetici cloruraţi" și „Tehnologii noi de realizare a manșoanelor de legătură la LEA de 1—20 kV".

Enumerarea lucrărilor premiate și extrasele din caracterizările care au condus la premierea lor sînt desigur departe de a fi exhaustive pentru a sublinia caracterul și nivelul la care s-au situat expunerile susținute. Am considerat necesar pentru o caracterizare mai completă a ansamblului, să evidențiem următoarele concluzii :

— În general abordările de probleme s-au făcut pe domenii noi și de vîrf implicînd în mod obligatoiru investiții de cercetare fundamentală, care în multe cazuri au fost duse pînă la produse și tehnologii omologate.

— Majoritatea autorilor provin din unități care nu au specific direct energetic, dar care au căutat și au reușit să rezolve probleme importante de energetică ce interesează unitatea în cauză și care în numeroase situații se constituie drept soluții cu caracter de generalizare pe ramuri specifice din economie.

— O atenție deosebită a fost acordată recuperării resurselor energetice secundare refolosibile și în soluțiile propuse s-au realizat tehnici și tehnologii care au dat rezultate evidente și reproductibile.

— În general se remarcă o mare disponibilitate pentru reducerea consumului de energie în întreprinderile industriale, pentru care soluțiile propuse în lucrări aduc rezolvări eficiente.

În ansamblu, simpozionul, și implicit și dezbaterile Secțiunii de Energetică, au constituit un valoros schimb de experiență, prilej de cunoaștere și informare reciprocă a autorilor din diverse localități din țară.

Ing. Alexandru Forje, dr. ing. Jean Constantinescu, membri în prezidiul Secțiunii de Energetică

Recenzie

Ministerul Energiei Electrice. Normativ (cadru) pentru proiectarea microhidrocentralelor (MHC) — PE 306/83, ICEMENERG, Bucureşti, 1983

Aprobat cu Ordinul Ministrului Energiei Electrice nr. 441 din 13.04.1983, normativul (cadru) pentru proiectarea microhidrocentralelor (MHC), PE 306/83, a intrat în vigoare începînd cu data de 1 septembrie 1983. Elaborat de ISPH (responsabil de lucrare ing. Eugen Cuculescu), normativul urmează a fi aplicat pînă în 1985, după care pe baza experienţei acumulate urmează a fi îmbunătăţit şi reeditat.

Avînd în vedere ampla acţiune de punere în valoare a micropotenţialului hidroenergetic al ţării, faptul că proiectarea MHC poate fi făcută de orice organizaţie de proiectare centrală sau locală, care respectă toate prescripţiile de proiectare referitoare la aceste lucrări, elaborarea acestui normativ constituia o necesitate imperioasă.

Aşa cum a fost conceput şi elaborat normativul PE 306/83 are şi calităţile unui veritabil îndrumar de proiectare pentru întocmirea proiectelor de execuţie a microhidrocentralelor. În acest sens normativul la care ne referim conţine încă 10 anexe, care reprezintă o colecţie de caiete de sarcini şi de reglementări tehnice strict necesare realizării microhidrocentralelor.

Parcurgerea şi utilizarea acestui normativ la proiectarea MHC atestă deosebita sa utilitate, avînd în vedere grija elaboratorilor pentru a da elemente cît mai multe şi cît mai clare specialiştilor care se ocupă cu proiectarea acestor obiective.

Normativul propriu-zis conţine 8 capitole şi 30 de anexe. Este de subliniat că anexele la normativul propriu-zis constituie ceea ce mai sus am numit „un veritabil îndrumar de proiectare" deoarece prin exemple concrete cel ce foloseşte normativul dispune nu numai de o directivare în domeniu, ci şi de machete şi metodologii cu aplicare directă în elaborarea documentaţiilor pentru fazele NC şi PE ale microhidrocentralelor.

Celelalte 10 anexe ce însoţesc normativul se constituie de fapt într-o colecţie de „fişe tehnologice", strict necesare nu numai proiectanţilor, ci şi executanţilor de lucrări.

Referindu-ne la normativul propriu-zis, acesta cuprinde : obiectul, oportunitatea şi caracteristicile specifice ale MHC, condiţii tehnice pentru proiectare, date de bază (topografice, hidrologice şi geologice), scheme de amenajare MHC şi calcule energetice, soluţii constructive (captări, aducţiuni, bazine compensatoare şi centrale), partea economică, administrarea şi exploatarea MHC şi, în final, măsuri de protecţie a muncii şi de PSI.

Normativul se referă în exclusivitate la categoria MHC care evacuează puterea electrică în reţelele sistemului energetic naţional (SEN).

Avînd în vedere apropiata scadenţă a perioadei de aplicare experimentală a acestui normativ, în baza experienţei de proiectare, execuţie şi exploatare a primelor MHC ne vom referi succint în cele ce urmează la cîteva aspecte, considerate ca esenţiale, în legătură cu prevederile normativului în cauză.

Concepţia de amenajare a MHC (în general ca centrale de derivaţie) se cere diversificată funcţie de cerinţele de reducere a duritătii impactului asupra mediului exterior legat atît de salmonicultură (pentru apele de munte), cît şi de terenurile agricole şi silvice ce trebuie scoase temporar şi definitiv din circuit. De aici necesitatea MHC concepute cu lacuri de acumulare, biefate şi cu imprimarea unui caracter de folosinţă complexă pe anumite rîuri şi pîraie care se pretează la astfel de variante de amenajări microhidroenergetice.

Date fiind performanţele amenajărilor microhidroenergetice în funcţie, este de remarcat faptul că funcţionarea în regim automat, fără personal permanent de supraveghere nu este în toate cazurile posibilă. În acest sens prevederile normativului se cer a fi corelate cu prevederile cărţilor tehnice ale echipamentelor pentru MHC produse de industria constructoare de maşini în ţara noastră.

Funcţionarea MHC după principiul „tot sau nimic" bine justificat de altfel în plan teoretic, în mod practic nu dă rezultatele scontate. Adoptarea dispozitivului REGMO şi existenţa obligatorie a bateriilor de acumulatoare în asemenea instalaţii fac imposibilă funcţionarea lor fără personal permanent de supraveghere (mai ales iarna).

Renunţarea (în anumite cazuri) la funcţionarea dupa principiul „tot sau nimic" este posibilă fără a reduce producţia anuală de energie, iar înlocuirea REGMO cu un dispozitiv hidraulic cu revenire gravitaţională de pildă ar duce la dispariţia baterici de acumulatoare din MHC şi implicit la creşterea robusteţii şi ca urmare a nivelului de siguranţă în funcţionarea acestora. Aceasta cu atît mai mult cu cît aparatul director al turbinelor FO (fabricaţie ICM Reşiţa) neasigurînd închiderea etanşă, se impune intervenţia manuală pentru oprirea turbinelor în situaţia în care instalaţia de automatizare a comandat această oprire (inclusiv prin manevrarea unei vane fluture ce se cere a fi montată pe conducta forţată la intrarea în turbină).

În acelaşi context se cere a se arăta faptul că introducerea echipamentelor (turbine, generatoare şi dulapuri electrice) prin acoperişul demontabil al clădirii MHC cu ajutorul automacaralelor este o soluţie mai puţin indicată, atît din punct de vedere tehnic, cît şi economic. Introducerea echipamentelor în clădirea MHC trebuie făcută pe uşă, iar pentru manipularea lor de impune montarea unui dispozitiv de ridicat cu acţionare manuală.

Cu privire la partea economică, considerăm că prevederile normativului trebuie puse de acord cu Legea investiţiilor nr.9/1980, iar eficienţa economică a MHC ar trebui determinată prin aplicarea criteriului cheltuielilor totale anuale actualizate minime.

În final, considerăm că normativului în cauză ar trebui să i se asocieze şi prescripţii STAS în legătură cu MHC şi care să se refere şi la cele care se proiectează în soluţia funcţionării autonome (neracordate la SEN), cunoscut fiind faptul ca actualmente în ţara noastră nu dispunem de nici un standard referitor la aceste instalaţii.

Fără îndoială că cele cîteva idei expuse, departe de a considerate exhaustive, vor fi completate şi cu alte sugestii legate de îmbunătăţirea normativului PE 306/83 pe măsura acumulării experienţei în domeniul proiectării, construcţiei, exploatării şi întreţinerii MHC în sensul creşterii eficienţei şi aportului acestora la optimizarea balanţei energetice a ţării.

GRECU, T., IORDACHE, I., NEGRILĂ, V. D. şi DĂSCĂLESCU, D., **Maşini mecanoenergetice,** Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983, 248 pag.

Pornind de la definiţia maşinilor mecanoenergetice ca fiind acele maşini în care o energie neelectrică se transformă în /din lucru mecanic, lucrarea cu titlul de mai sus pe ocupă de un domeniu de o deosebită importanţă pentru economia ţării noastre. Într-adevăr, astfel de maşini care se întîlnesc în centrale electrice ca şi în orice întreprindere industrială sub formă de turbine hidraulice, instalaţii cu abur, instalaţii de turbine cu gaze, motoare cu ardere internă, pompe, compresoare, ventilatoare etc. reclamă o profundă cunoaştere şi înţelegere a caracteristicilor şi principiilor lor de funcţionare din partea tuturor celor care le proiectează, execută şi exploatează. Realizarea unor maşini mecanoenergetice cu performanţe superioare, competitive cu cele ce se realizează pe plan mondial, este unul din obiectivele majore ale politicii noastre economice, care vizează atît mărirea siguranţei în funcţionare şi reducerea uzurii în exploatarea acestor instalaţii, cît şi, mai ales, creşterea randamentului, reducerea consumului de energie şi de metal.

În problematica expusă se înscrie şi conţinutul lucrării la care ne referim şi care este structurată pe două părţi ce includ în total 14 capitole.

Astfel, după un prim capitol care se ocupă de noţiuni introductive (evoluţia construcţiei de maşini mecanoenergetice, clasificarea maşinilor, fundamente fizice din mecanica fluidelor etc.) se trece la prima parte a cărţii care se referă la maşinile motoare şi care conţine 8 capitole : procesul energetic al treptei, turbine hidraulice, noţiuni introductive de maşini termice, instalaţii de turbine cu

abur, turbine cu abur, generatoare de abur, instalaţii de turbine cu gaze şi motoare cu ardere internă (cu piston).

Cea de-a doua parte a lucrarii este rezervată maşinilor generatoare şi include 5 capitole: privire generală asupra maşinilor generatoare, pompe şi compresoare radiale (centrifugale), pompe şi compresoare axiale, pompe şi compresoare volumice şi, în final, transformatoare hidraulice. Ca o notă distinctă a acestei cărţi este de subliniat faptul ca ea tratează într-o viziune sistemică, de ansamblu, toate maşinile mecanoenergetice (maşini termice şi hidraulice), subliniid trăsăturile comune ale acestora. Îmbinarea într-o aceeaşi lucrare a maşinilor termice şi hidraulice dă cititorului interesat posibilitatea unei priviri de ansamblu asupra domeniului abordat, autorii cărţii reuşind să realizeze o îmbinare bine fundamentată între diverse capitole din structura lucrării.

Dată fiind marea diversitate a acestor maşini , în conţinutul lucrării nu s-a putut intra în amănunte constructive ca şi în alte detalii, ci s-a insistat, aşa cum ni se pare firesc, asupra principiului de funcţionare, caracteristicilor energetice şi comportării în exploatare a agregatelor.

Avînd caracter de curs universitar, lucrarea conţine cunoştinţele de bază asupra maşinilor mecanoenergetice care se studiază în ultimii ani de pregătire a studenţilor energeticieni, sau din alte specialităţi înrudite.

Elaborată în baza unei bibliografii de 57 de titluri, (literatura din ţară şi din străinătate) lucrarea reuşeşte într-un spaţiu tipografic destul de restrîns faţă de vastitatea problematicii abordate, să prezinte sintetic, la un nivel ştiinţific ridicat, un material deosebit de elevat şi de utilitate directă nu numai pentru studenţi, ci şi pentru specialiştii din cercetare, proiectare şi producţie. Referirile la realizările practice din ţara noastră în domeniul maşinilor mecanoenergetice adaugă la ţinuta tehnico-ştiinţifică şi didactică a lucrării o notă de integrare cu practica, ceea ce, credem, ridică şi întregeşte calitatea materialului prezentat.

Toate cele arătate dovedesc că volumul la care ne referim constituie o monografie cu trăsături originale de prezentare a maşinilor mecanoenergetice, ceea ce negreşit îi va asigura o bună primire din partea specialiştilor.

Ing. Romulus Sfichi — IRE Suceava

Inginer Gheorghe Broşteanu

La sfîrşitul linii iulie a.c., Dispecerul Energetic Naţional a onorat, într-o întîlnire colegială, pensionarea unuia dintre colaboratorii săi de valoare, cunoscutul specialist, inginerul Gheorghe Broşteanu, care, în îndelungata sa activitate în sectorul energetic, a fost un exemplu demn de urmat de tinerele cadre.

Născut în comuna Tazlău, sub Măgura Mare de pe meleagurile Neamţului, după ce şi-a făcut pregătirea elementară şi medie, a urmat, între anii 1945—1950, cursurile Facultăţii de Electromecanică de la Institutul Politehnic Bucureşti. Din anul 1950, a intrat în activitatea sectorului electroenergetic începînd cu Uzina Electrică Grozăveşti. A ocupat posturi de conducere în marile unităţi energetice, ca de exemplu acela de inginer şef adjunct al Energotrustului nr. 1. Bucureşti. Datorită competenţei sale profesionale a funcţionat în cea mai mare parte din timp ca specialist de mare calificare în aparatul ministerului, în Centrala Industrială de Transport şi Distribuţie a Energiei Electrice, iar începînd cu anul 1973, în cadrul Dispecerului Energic Naţional. Specializat în probleme de automatizări şi protecţie prin relee în sistemele electroenergetice, a publicat mai multe lucrări valoroase, a contribuit la perfecţionarea tinerelor cadre, ţinînd cursuri la Centrul de perfecţionare al lucrătorilor din M.E.E. şi a participat la mai multe manifestări internaţionale.

Inginerul Gheorghe Broşteanu este un om de mare probitate etică şi este gata oricînd să-şi ajute colegii. Tinerii săi colaboratori au găsit totdeauna sfat şi sprijin la el şi de aceea îl stimează şi îl iubesc.

Pentru aportul adus la opera de electrificare a ţării, a fost decorat cu Ordinul Muncii cl. III.

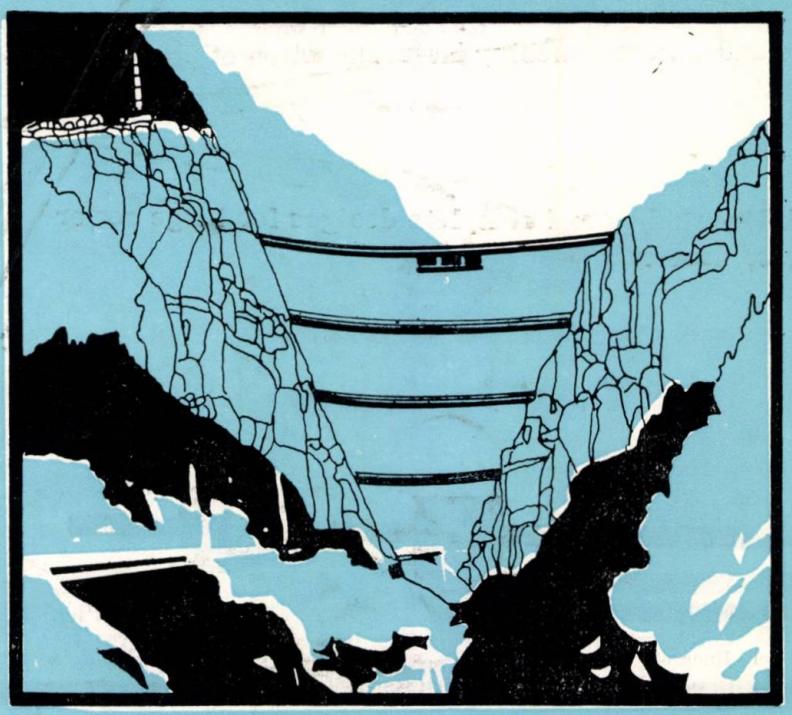
Redacţia revistei „Energetica" îi urează multă sănătate, fericire şi speră ca puterea sa de muncă şi experienţa sa să fie folosite în continuare mulţi ani în slujba energeticii României.

Redacţia

AGCH

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCURESTI

STR: DIMITRIE ONCIUL NR. 23-25 TELEFON: 35 54 70
SECTOR 2 COD: 70 318 TELEX: 10244 R



ECUTA :

LUCRARI DE CONSTRUCTII SI INSTALATII DIN CADRUL AMENAJARILOR HIDROENERGETICE DE JOASA SI MARE CADERE :

- BARAJE DIN BETON, SAU DIN MATERIALE LOCALE
- CENTRALE HIDROELECTRICE
- GALERII HIDROTEHNICE
- PRIZE DE APA
- VOALURI DE ETANSARE PRIN INJECTAREA IN TEREN A SUSPENSIILOR DE CIMENT
- ECRANE DE ETANSARE, EXECUTATE CU INSTALATII KELLY, ELSE SAU PERETI SUBTIRI
- DIGURI

ECTEAZA:

- DETALII DE EXECUTIE A LUCRARILOR DE BAZA
- INSTALATII DE PRODUCERE SI PRELUCRARE A MATERIALELOR LOCALE
- INSTALATII TEHNOLOGICE
- PROIECTE TIP PENTRU ORGANIZARE DE SANTIER
- UTILAJE PENTRU AUTODOTARE

ISPE

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRI
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETI
BUCUREŞTI 30 • BD. LACUL TEI NR.1 • SECTOR
TELEGRAME I.S.P.E. - BUC. TELEX 10.978 - TELEFON 12.19

BUCURESTI, Bd. Lacul Tei nr. 1 Tel. 12.19.70; 12.71.41. Telex 10.978 ispe

Institutul de Studii şi Proiectări Energetice (The Institute for Power Studies and Designs), the specialized body of the Ministry of Electric Energy, carries out the following activities:

- Studies concerning the electric power development - planning including the power resources and the meeting of heat and electricity demand at the scale of country, zone, city or industrial area
- Optimization of operation of power system as a whole, reliability of power system and its components, interconnection of power systems, tariff policies, etc.

- Feasibility studies and complete designs for large power projects, namelv ·

1985 FEB 21

. thermal power plants on steam or cogeneration including mechanical, electrical, automation, cooling installations civil and architectural works, fuel handling plant, water treatment etc. ;
. transformer substations and transmission lines up to 750 kV;
. heat supply networks in urban and industrial areas ;
. dispatching and computer centers, control computers in power installations, including programmes and software ;
. information and management projects in the power field by means of electronic computers including technical assistance for analysis and programming.

- Supervision, advice and checking during the erection and commissioning of power installations.

In its 35 years of activity ISPE carried out the designs for more than 30 thermal power plants with a total capacity of about 10, 000 MW, for more than 50, 000 MVA power substations and for over 7, 000 km transmission lines of 220 - 750 kV.

2039

1985 APR 2

MW

10

REFERALVA

Energia

energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREŞTI
OCTOMBRIE 1984

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE
ENERGY RESEARCH AND MODERNISING INSTITUTE
ROMANIA – BUCUREŞTI IV, Bd. Energeticienilor 8, Tel. 21.46.30
79619 Bucureşti - România, Bd. Energeticienilor nr 8, Phone 21.32.41, Telex 10783 ic
Energy Forecasting, Data Processing, Management and Economics Laboratory

carries out :

Analysis and forecasting for energy development on national level
Analysis and forecasting for technological development in energetics
Research and development programmes concerning energy
Selection of priorities and efficient programmes for energy conservation

including

ENERGY

Energy balances
Energy load forecasting (by sources, sectors, zones a. s. o.)
Energy resources and supply forecasting (by sources a. s. o.)
Energetic and economic efficiency evaluation
Comparative analysis and evaluation of energy strategies
Comparative analysis and evaluation of energy technologies
Analysis and evaluation of the environmental impact of energy
Evaluation of resources required to achieve programmes

ECONOMY

INFORMATION

Organizing of energy statistics systems
Statistical analysis in the field of energy
Technical and economic data banks in the field of energy

ORSZÁGOS MUSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTÉS KÖNYVTÁR 1983

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 32 **10** OCTOMBRIE 1984

COLEGIUL DE REDACŢIE

Biroul de redacţie

Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Dr. ing. **Nicolae Armencoiu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Gheorghe Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Eugeniu Pavel** (secretar de redacţie)

Membri

Ing. **Paul Cartianu**
Dr. ing. **Jean Constantinescu**
Dr. ing. **Mario Duma**
Dr. ing. **Alexandru Florescu**
Ing. **Horia Furtunescu**
Ing. **Nicolae Georgian**
Ing. **Dan Iosifescu**
Dr. ing. **Gheorghe Luca**
Dr. ing. **George Manolescu**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Ing. **Ion Măiereanu**
Ing. **Nicolae Niculescu**
Ing. **Mihai Nistor**
Dr. ing. **Teodor Popa**
Ing. **Miron Popescu**
Dr. ing. **Victor Romert**
Ing. **Romulus Sfichi**
Ec. **Gheorghe Ursache**
Ing. **Romeo Zbarcea**

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8, Sector 3, Telefon: 20 67 30, 21 46 30

Cd. 2511

I. P. „INFORMAŢIA" str. Brezoianu nr. 23–25, sector 1

Lei 12

Cuprinsul

ARTICOLE

Constantin C. Neaga: Creşterea stabilităţii arderii prafului de lignit folosind schema de pregătire semideschisă cu concentrator de praf (cu prezentare în limba engleză) 437–443

Viorica Neaţu, Laurenţiu Ghioca, Marius Ionescu: Caracteristicile lignitului din bazinul Oltenia-Nord şi influenţa acestora asupra indicatorilor tehnico-economici ai CTE Rovinari 443–447

Afilon Heler: Posibilitatea realizării unor manometre cu membrană elastică şi traductor Hall de deplasare lineară (cu prezentare în limba engleză) 447–452

Mihai Moga, Adrian Buta, Gicu David: Încadrarea în randamente optime a acţionării instalaţiilor de ventilaţie şi exhaustare slab încărcate prin înlocuirea motorului electric de antrenare 452–457

Emanoil Cocoş: Posibilităţi de evaluare a eficienţei economice realizată de filtrele absorbante prin stingerea armonicilor superioare 458–462

Eugeniu Pavel, Victor Romert: Aspecte ale problematicii sistemelor electroenergetice. Situaţia actuală. Perspective 463–467

Ion Popescu, Nicolae Sîncrăian: Soluţii de îmbunătăţire şi modernizare a echipamentelor din centralele electrice echipate cu turbine Francis 467–471

Spiridon Dumitru: Inventarierea micropotenţialului hidroenergetic al cursurilor de apă din R. S. România 471–480

MINIMONOGRAFIE

Paul Cartianu: Centrala hidromecanică-hidroelectrică Letea – Bacău 480

În revista „Energetica" se publică:

Articole

Informații referitoare la: publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice — ICEMENERG, prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică.

Vasile Pleșca — șef OIDE

Ana Maria Chivu — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 2511

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

Readers from abroad can subscribe through: ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă P.O. Box 12-201, telex 10376 prsfir. București, Calea Griviței nr. 64—66.

СОДЕРЖАНИЕ

Константин К. Неага: Рост устойчивости сжигания лигнитной пыли, используя схему полуоткрытой подготовки с концентратором пыли (представлено на английском языке) 437—443

Виорика Неацу, Лауренцю Гиока, Мариус Ионеску: Характеристики лигнита из бассейна Олтения-Норд и их влияние на технико-экономические показатели ТЭС Ровинарь 443—447

Афилон Хелер: Возможности осуществления манометров с упругой мембраной и датчиком Hall линейного перемещения (представлено на английском языке) 447—452

Михай Мога: Адриан Бута, Джику Давид; Внедрение в оптимальный кпд привода в действие вентиляционных и всасывающих малонагруженных установок, путем замены электрического приводного двигателя 452—457

Эм. Кокош: Возможности оценки экономической эффективности, осуществленной поглощающими фильтрами путем гашения высших гармоник 458—462

Эуджен Павел, Виктор Ромерт: Аспекты проблематики электроэнергетических систем. Современное положение. Перспектива 463—467

Ион Попеску, Николае Синкрэиан: Решения по улучшению и модернизации оборудований на электростанциях, оснащенных турбинами типа Francis 467—471

Спиридон Думитру: Инвентаризация гидроэнергетического потенциала водных течений С.Р. Румынии 471—480

МИНИМОНОГРАФИЯ

Паул Картиану: Гидромеханическая-гидроэлектрическая станция-Летка-Бакэу 480

INHALTSVERZEICHNIS

Constantin C. Neaga: Die Erhöhung der Brennstabilität des Lignitstaubes anhand der halboffenen Vorbereitungsmontage mit Staubverdichter (mit einer Kurzfassung in Englisch) 437—443

Viorica Neaţu, Laurenţiu Ghioca, Marius Ionescu: Die Beschaffenheit des Lignits aus dem Nord-Oltenien-Becken und ihr Einfluss auf die technisch-wirtschaftlichen Kennwerte des Wärmekraftwerkes Rovinari 443—447

Afilon Heler: Die Baumöglichkeit eines Plattenfedermanometers mit einem linearen Weggeber vom Type Hall (mit einer Kurzfassung in Englisch) 447—452

Mihai Moga, Adrian Buta, Gicu David: Die Eingliederung in optimalen Wirkungsgradwerten der Antriebe von schwach beladenen Ventilations- und Entlüftungsanlagen durch den Austausch des Antriebelektromotors 452—457

Emanoil Cocoş: Möglichkeiten zur Auswertung der wirtschaftlichen Effektivität der Absorbtionsfilter durch das Abklingen der Oberwellen 458—462

Eugeniu Pavel, Victor Romert: Aspekte der Fragenstellung der Elektroenergiesysteme. Der gegenwärtige Stand. Ausblicke 463—467

Ion Popescu, Nicolae Sîncrăian: Die Vervolkommnung und Modernisierung der Ausrüstungen aus mit Francis-Turbinen versehenen Kraftwerken 467—471

Dumitru Spiridon: Das Inventar und die Verwertung des Mikrowasserwirtschaftspotentials der Flüsse aus Rumänien 471—480

MINIMONOGRAPHIE:

Paul Cartianu: Das hydromechanische-hydroelektrische Kraftwerk Letea-Bacău 480

SOMMAIRE

Constantin C. Neaga: Le développement de la stabilité de combustion du lignite en poussière, en employant le schéma de préparation mi-ouverte à concentrateur de poussière (présentation en anglais) 437—443

Viorica Neaţu, Laurenţiu Ghioca, Marius Ionescu: Les caractéristiques du lignite provenant du bassin charbonnier Oltenia-Nord et leur influence sur les indicateurs techniques et économiques de la centrale thérmique Rovinari 443—447

Afilon Heler: Possibilité de réaliser des manomètres à membrane élastique et traducteur Hall de déplacement linéaire (présentation en anglais) 447—452

Mihai Moga, Adrian Buta, Gicu David: L'encadrement dans les rendements optimals de la commande des installations de ventilation et exhaustion faiblement chargées par le remplacement du moteur électrique d'entraînement 452—457

Emanoil Cocoş: Possibilités d'évaluer l'éfficacité économique des filtres absorbantes par l'extinction des harmoniques supérieurs 458—462

Eugeniu Pavel, Victor Romert: Aspects concernants le problème des systèmes électroénergétiques. Situation actuell. Perspectives 463—467

Ion Popescu, Nicolae Sîncrăian: Solutions en vue d'améliorer et moderniser les équipements des centrales électriques munies des turbines Francis 467—471

Spiridon Dumitru: L'inventaire du micropotentiel hydroénergétique des cours d'eau de la Roumanie 471—480

MINIMONOGRAPHIE

Paul Cartianu: La centrale hydromécanique-hydroélectrique Letea-Bacău 480

SUMMARIES

DC 621.311.87; 662.642; 662.613.1

Constantin C. Neaga: Lignite Dust Burning Stability Increase Using the Half-Open Dust Concentrator Preparation Scheme (with a short presentation in English)

The paper presents the half-open dust concentrator preparation scheme. The dust concentration increase in the

auxiliary burner and the burning improvement in the basic dust burner without inert gases determines the increase of burning temperatures and of dust burning stability, consequently.

Energetica 32 (1984), nr. 10, p. 437—443

DC 621.311.22/23 ; 662.642

Viorica Neaţu, Laurenţiu Ghioca, Marius Ionescu : Lignite Characteristics of the North Oltenia Basin and Its Influence on the Technical-Economic Parameters of the Thermal Power Plant Rovinari

The coal quality variations versus the quality range for which the boilers have been dimensioned leads to the decrease of available powers and the generated energies, to the increase of specific and technological eigenconsumptions and finally to the underrating of some design performances and sometimes even to the damage of some installations parts (crushers, distribution valves, etc.).

The average heating value decrease directly influences the boilers flow rate and the powers generated by turbogenerator units.

The graphs show the effects of burning coal with a heating value understepping the imposed quality range due to a high humidity or ash content upon the even decreasing coal generation of electric energy, as well as upon the surpassing of admissible limits of liquid hydrocarbons consumptions with a view to maintain a technically load minimum for every equipment.

Energetica 32 (1984), nr. 10, p. 443—447

DC 621.314.1 + 531.787.001.2

Afilon Heler : The Possibility to Build Elastic Diaphragm Pressure Gauges with Linear Hall Displacement Transducer.

The single and double diaphragms (the pressure gauge cell) as elastic elements ensuring a proportionality between the measuring pressure p and a linear displacement X are presented.

The Hall transducer with a linear displacement is described and the possibility to build elastic diaphragm pressure gauges with linear Hall displacement transducer is studied. The linear Hall displacement transducer built by the author is presented.

Energetica 32 (1984), nr. 10, p. 447—452

DC 621.313.33.004.1

Mihai Moga, Adrian Buta, Gicu David : The Ranging Within Optimal Efficiencies of Low Charged Ventilation and Exhaustion Installations Drives by Replacing the Driving Electromotor

The present paper presents the calculations stages and relations used to estimate the usefulness of replacing low charged electromotors considering as known only the usual catalogue data and the results of accessible measurements. In the first part the possibilities of determining and validation of the installation parameters needed for the analytic testing of the replacement solution are presented.

The analytic testing method presented further permits to determine the following characteristic drive values: the starting time, the current absorbed from the network, the speed of rotation and the active electric power absorbed values which enable, depending on the actual circumstances, a technical and economic evaluation of the replacement solutions of the driving electromotor with another one, having a lower rated value.

Energetica 32 8(1984), nr. 10, p. 452—457

DC 621.3.018.3 ; 535.242.41

Em. Cocoş : Possibilities to Evaluate the Economic Efficiency of Absorbing Filters by Quenching Higher Harmonics

Among the negative consequences of the deformation regime the energy losses caused by the higher current harmonics circulation in the network represent one of the most important aspects.

The paper presents a practical estimation calculation method for the global active power losses on higher harmonics, caused by the operation of a certain deforming consumer during the absence, the presence, respectively, of harmonics absorbing filters. From the analysed examples, one can see that these losses amount to important values while the filtering installations decrease them considerably. Consequently, the author recommends that during the design and operation stage of filtering and compensation equipment the direct savings obtained by reducing the circulation of superior current harmonics in the network should be taken into account as well.

Energetica 32 (1894), nr. 10, p. 458—462

DC 621.311 ; 621.3.019.3

Eugeniu Pavel, Victor Romert : Aspects of Electric Power Systems Problems. Present Stage. Perspectives

The main theoretical and practical problems of electric power systems are outlined ever clearly in all countries. The operation practice and experience have led to a tendency to unify and generalize the analysis and management concepts and methods. The paper presents some aspects of the present problems occuring in large power systems with examples from different countries. The power system reliability is a permanent and forever ,,new" concern of experts, due to the continuous topologic changes of networks (quantitative extensions, qualitative changes, etc.) as well as to the urge to use new technics for the protection and limitation of large perturbations (use of process computers or complex ,,logics" protection systems, etc.). The conclusions regarding future orientations of the concerns of experts working in this field are also applicable to the Romanian National Power System which has a development level comparable to the one of large power systems worldwide.

Energetica 32 (1984), nr. 10, p. 463—467

DC 621.311.21.002.5

Ion Popescu, Nicolae Sîncrăian : Improvement and Modernization Solutions of Equipment of Francis Turbines Equipped Electric Power Plants

The paper describes technical solutions used with equipment of medium and high head Francis turbines equipped hydropower plants.

The solutions are the result of several years of experience in this field.The protection manner of the direction device of 75 MW and 470 m head Francis turbines against cavitation and early wear is presented. The changes operated on the driving scheme of large spherical valves for a secure operation, by avoiding the equipment damage are discussed. Some construction solutions for high power hydroequipment bearings for the improvement of greasing are described as well.

Energetica 32 (1984), nr. 10, p. 467—471

DC 621.311.21 ; 537.312

Dumitru Spiridon : The Inventory and Utilization of the Microhydro Potential of the Rivers in Romania

The report presents the concerns for inventory and utilization of the microhydro potential of our country as well as worldwide.

The inventory stages of the hydropotential usable for building microhydropower plants are presented, the methods are indicated and the results of the inventory studies carried out in our country for detecting the main cathegories of the microhydropotential on the rivers are given.

From the technical point of view the microhydropower plant schemes are presented as well as the determination devices of the main hydropower parameters (installed power and energy generation).

From the economic point of view, values are given for the entire country and the repartition on districts as well as the preliminary microhydropower plants building program up to the year 1990.

Energetica 32 (1984), nr. 10, p. 471—480

MINIMONOGRAPHY :

Paul Cartianu : The Hydromechanic-Hydroelectric Plant Letea-Bacău 480

Creşterea stabilităţii arderii prafului de lignit folosind schema de pregătire semideschisă cu concentrator de praf

Dr. ing. Constantin C. Neaga

Lignite Dust Buring Stability Increaso Using the Half-Open Concetrafor Preparation Scheme

(Condensed from the paper in Romanian)

The integration in the electricity generation circuit of solid fuels with a decreasing heating value — combustible shales and lignite — raises the problem of ensuring their burning stability in steam generator furnaces. This aim can be met by several methods :

— by an auxiliary supply fuel, i.e. natural gas, oil or generated gas ;

— by using a special dust preparation and supply technology for the boiler furnace thus as to provide a division of the primary mixture in jets with different dust concentrations.

Within the last group of processes ranges also the half-open dust concentrator preparation scheme (Fig. 1) whose presentation is the subject of the present report.

The crushed lignite enters simultaneously with the recycled combustion gas from the end of the furnace the pre-drying tower T ; the de-hydration process continues more intensely in the fan mill MV. After the separator SM, the primary mixture consisting of lignite dust, water vapours from the dehydration, recycled combustion gases and secondary air absorbed in the mill is blown through the primary mixture pipe which has in its final part an ascending section where the vortex body CT is fixed. When passing through the CT the mixture acquires a rotation motion wich enables the solid phase to be concentrated in the outer part. Thus, the biphasic mixture directed towards the auxiliary burner has a greater dust concentration than the initial mixture (at the inlet to the vortex).

The axial part of the primary turbionated mixture with a low lignite dust concentration, but rich in inert gaseous phase is directed to the dust separator D, where a first stage of phases separation takes place ; an electrofilter EL follows next or instead, a battery of mechanic cyclones, the mixture being vehiculated through the fan VM. The gaseous phase is discharged from the electrofilter in the air or is aspirated by the combustion gases fans of the boiler. The lignite dust separated in EL and D is taken by the primary air led to the basic burner located under the auxiliary burner. The necessary driving pressure is provided by fanning, the primary air through the primary air fan VAP. Due to the physical characteristics of the combustibile mixture (total loss of inert gases) the main burner's flame has the maximal temperature obtainable with the processed lignite, thus that it acquires the support flame part for the auxiliary burner flame if the latter one suffers instability. The rest of the combustion air is introduced as secondary air in the main burner as well as in the auxiliary burner.

Since the largest part of the gaseous training phase of the mill dust by-passes the furnace and does not participate in the fuel burning, for this scheme the introduction of a part of the combustion air at the exit from the preheater directly into the mill is not recommended.

In order to establish some performances of this scheme the analytical expressions of the material flows in different locations of the dust preparation circuit were written.

Thus, the recycled combustion gases flow D_{gr}, needed for pre-drying is expressed by relation (9), where r is the recycling degree, D_{gr}— the gases flow which circulate through the furnace and through the convection pipes of the boiler in absence of recycling (Equ. (4)) ; the gaseous phase flow (drying and transportation agent) measured after the mill separator SM is calculated with relation (10), where $\Delta\lambda_m$ is the secondary air infiltration into the mill, B_{ef} — the actual crushed lignite flow introduced in tower T, kg/s ; V^0_{aum}— the theoretic wet air quantity needed for burning a per quantity unit of crushed coal, m^3_N/kg ; V — the specific water vapours volume, m^3_N/kg ; ΔW_{tm} — the specific water quantity discharged in the tower and in the mill, kg/kg (Equ. (6)) ; W^t_t, W_p—the total humidity of the initial coal, of the dust respectively, % ; the solid matter flow after the separator of mill B_e is calculated with formula (11) where B_p is the dust flow (Equ. (5)), while μ_a — the ash concentration in the furnace gases and thus also in the recycled gases (Equ. (12)) ; a_{antr} — the trained ash fraction. After the concentrator, the flows of solid and gaseous matter are distributed thus : — the solid phase towards the auxiliary burner mB_{mv}, where m is the fraction of the dust flow, — the solid phase towards the main burner $(1 - m)\ B_{mv}$; — the gaseous phase towards the auxiliary burner $a\ D_{mv}$; — the remaining drying and training agent $(1 - a)\ D_{mv}$, which takes in the dust flow $(1 - m)B_{mv}$, will be completely separated in the dust separator and in the electrofilter and discharged afterwards ; the dust concentration in the channel towards the auxiliary burner, a value which has to be surveyed in order to avoid the deposition, is calculated with relation (10) ; — the secondary air flow towards the auxiliary burner is calculated with expression (15), where λ_t is the air excess coefficient at the furnace, while for the main burner, with expression (16).

The theoretical flame temperature of the auxiliary burner flame considered as a closed thermal dynamic system, is calculated from the thermal balance equation (18) ; the graph $t_t = f(m, a)$ is represented in Fig. 2, where a is considered a variable parameter. The temperature raises when m increases and a drecreases. For $m = 1$, $a = 1$ — closed dust preparation scheme — the furnace temperature has a minimal value (for the considered example $t_t = 1436°C$) ; for $m = 1$, $a = 0$ — open scheme — the furnace temperature reaches a maximum (1903°C) ; for the half-open scheme depending on m and a the auxiliary burner flame temperature ranges within these extreme values. When choosing the values couple m and a one takes into account the avoiding of the slagging possibility of the exchange surfaces located in the furnance and the clogging of the pipe towards the burner (Fig. 3). The theoretical temperature of the main buner flame is calculated by expression 1 ; it has the maximum value ($m = 1$, $a = 0$) thus that it plays the part of the auxiliary burner flame support.

* Dr. ing. Constantin C. Neaga este cadru didactic la I. P. Bucureşti

From the lignite pre-drying condition, a thermal balance equation written for the tower, mill and separator offers the possibility to calculate the recycling degree r (Equ. (22)).

Since a part of the combustion gases are discharged from the electrofilter with a temperature $t_{ev1} \sim 70°C$, lower than the usual temperature at which the gases are discharged from the boiler $t_{ev} \sim 150°C$ the heat lost with the discharged gases Q_{ev} or q_{ev} is smaller as compared to the closed scheme but higher than the same value for the open scheme (Equ. 24), and this constitutes an advantage of this dust preparation scheme as compared to the closed schemes.

But the dust preparation installation in a half-open scheme with concentrator has also some disadvantages caused by its complexity leading to supplementary investments and expenses.

Nevertheless the installation is indicated to be applied for burning low grade solid fuels with high humidity content

Pentru a asigura stabilitatea arderii prafului de lignit în focarele cazanelor de abur sau de apă caldă prin soluţii care elimină hidrocarburile lichide şi gazoase se folosesc tehnologii adecvate de preparare şi insuflare a prafului; schema de pregătire semideschisă cu concentrator de praf răspunde acestui scop. Analiza caracteristicilor constructive şi funcţionale ale acestei scheme constituie obiectul lucrării de faţă (fig. 1).

Cărbunele concasat pătrunde simultan cu gazele de ardere recirculate de la sfîrşitul focarului în turnul de preuscare T, unde are loc un prim proces de deshidratare prealabilă. Preuscarea continuă şi în moara ventilator MV, iar în separatorul morii SM are loc separarea particulelor cu dimensiuni peste valoarea optimă şi dirijarea lor din nou în aspiraţia morii. Din separator amestecul primar compus din praf de lignit, vapori de apă, gaze de ardere recirculate şi aer fals aspirat în moară trece în

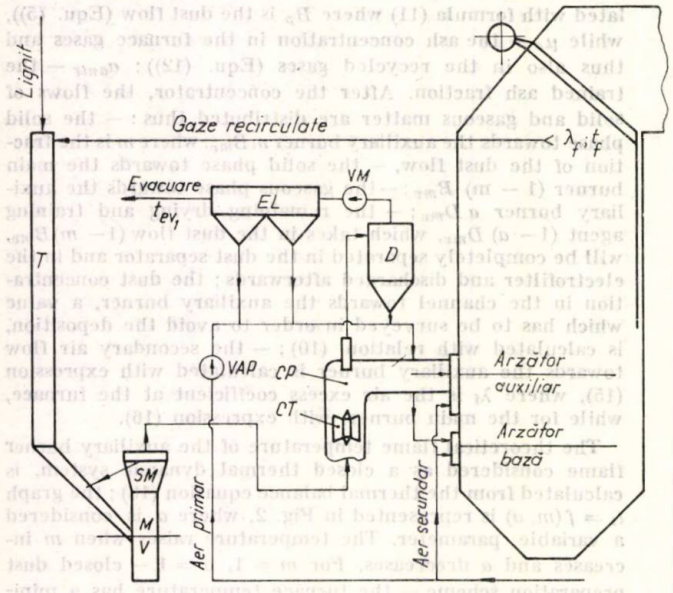


Fig. 1. Schema instalaţiei de pregătire a prafului de lignit semideschisă cu concentrator de praf: T — turn de preuscare; MV — moară ventilator; SM — separatorul morii; CP — conductă de amestec primar; CT — corp de turbionare; D — desprăfuitor; VM — ventilatorul morii; VAP — ventilator de aer primar; EL — electrofiltru.

conducta de amestec primar CP, care în partea finală are o porţiune ascendentă în care se găseşte corpul de turbionare CT. La trecerea prin corpul de turbionare, amestecul primar capătă o mişcare de rotaţie, ceea ce face ca faza solidă să se concentreze în exterior (în imediata vecinătate a peretelui interior al conductei de amestec primar). În acest mod concentraţia de praf în amestecul bifazic, care merge spre arzătorul auxiliar este mai mare decît în amestecul iniţial (la intrare în zona corpului de turbionare), fapt ce determină o temperatură în flacără mai mare faţă de cazul cînd amestecul primar s-ar fi introdus direct, fără o prealabilă separare, în arzător; or, o temperatură ridicată în flacără constituie o garanţie a stabilităţii procesului de ardere a combustibilului respectiv. De remarcat că debitele de praf şi fază gazoasă de antrenare care merg spre arzătorul auxiliar scad în comparaţie cu debitele respective din amestecul primar la intrare în zona de turbionare, dar scăderea debitului de praf este mai mică decît a celui de gaze, fapt ce duce la creşterea concentraţiei fazei solide.

Partea axială a amestecului primar turbionat cu o concentraţie scăzută a prafului de lignit, bogată însă în fază gazoasă inertă (gaze de ardere recirculate şi vapori de apă rezultaţi din preuscare) este dirijată spre un desprăfuitor D, unde are loc o primă treaptă de separare a fazelor. Pentru realizarea unui grad cît mai înalt de reţinere a prafului, se prevede în continuare un electrofiltru EL, sau în lipsa acestuia o baterie de cicloane mecanice, vehicularea amestecului făcîndu-se cu ajutorul ventilatorului morii VM. Din electrofiltru faza gazoasă este evacuată în atmosferă sau în aspiraţia ventilatoarelor de gaze de ardere ale cazanului, folosindu-se astfel avantajul coşului pentru introducerea produselor gazoase de ardere în straturi cît mai înalte ale atmosferei. Praful de lignit separat în electrofiltru şi desprăfuitor este antrenat de aerul primar şi condus spre arzătorul de bază. Din cauza caracteristicilor fizice ale amestecului carburant (lipsa totală a fazei gazoase inerte) flacăra arzătorului de bază are temperatura maximă, ceea ce-i conferă rolul de flacără suport pentru flacăra arzătorului auxiliar, în eventualitatea unei scăderi momentane a calităţii amestecului introdus în focar prin arzătorul auxiliar. Pentru a asigura presiunea necesară de antrenare, aerul primar se vehiculează cu ajutorul ventilatorului de aer primar VAP. Restul aerului de ardere se introduce sub formă de aer secundar, atît în arzătorul de bază, cît şi în cel auxiliar.

Întrucît cea mai mare parte a fazei gazoase de antrenare a prafului din moară ocolește focarul și deci nu participă prin oxigenul conținut la arderea combustibilului în focar, pentru această schemă nu se recomandă introducerea unei părți din aerul de ardere de după preîncălzitor direct în moară, mai ales că aerul preîncălzit este un agent de uscare inferior gazelor de ardere circulate. Dar agentul de uscare și transport separat în concentratorul de praf și dirijat spre evacuare conține și o parte din aerul infiltrat în sistemul de pregătire a prafului (mai ales în moara ventilator), aer care se ia în considerare la calculul debitului de aer necesar arderii prafului de lignit. De aceea, în cazul schemei semideschise debitul de aer preîncălzit este mai mare decît în cazul schemei închise (coeficienții de exces de aer la intrare în preîncălzitor λ'_p și la ieșire din preîncălzitor λ''_p sînt mai mari).

Se consideră coeficientul de exces de aer λ_t la nivelul arzătoarelor (de bază și suport) același pentru ambele scheme :

— pentru schema închisă :

$$\lambda_t = (\lambda''_p)_t + \Delta\lambda_m ; \qquad (1)$$

— pentru schema semideschisă :

$$\lambda_t = (\lambda''_p)_{sd} + a\Delta\lambda_m, \qquad (2)$$

unde :

$\Delta\lambda_m$ este infiltrația de aer fals în moară ;

a — fracția din faza gazoasă care din concentratorul de praf este condusă spre arzătorul suport, $a \in [0, 1]$.

Din relațiile 1 și 2 rezultă :

$$(\lambda''_p)_{sd} = (\lambda''_p)_t + (1 - a)\,\Delta\lambda_m, \qquad (3)$$

unde al doilea termen din membrul drept reprezintă partea de aer infiltrat în moară care ocolește focarul. Pentru schema închisă $a = 1$; pentru schema deschisă $a = 0$ și deci debitul de aer preîncălzit pentru schema deschisă, în aceleași condiții ca mai sus este mai mare în comparație cu schema semideschisă (și, evident, față de schema închisă).

Calculul debitelor termice și materiale ale schemei semideschise

În cazul absenței recirculării gazelor, prin focar și deci și prin canalele de convecție ale cazanului, debitul de gaze de ardere va avea expresia :

$$D_{ga} = B_{efp} V_{gp}(\lambda_f) + a\, v_{H_2O}\, B\, \Delta W_{tm}, \ m^3_N/s, \ (4)$$

unde B_{efp} este debitul de praf care arde efectiv, kg/s.

Deoarece calculele care urmează se vor referi la lignitul avînd caracteristicile de la intrarea în turn (masa inițială se referă la lignitul concasat) se pot scrie dependențele :

$$B_{efp} = (1 - 0{,}01\, q_m) B_p ; \ B_p = \\ = (1 - \Delta W_{tm}) B, \ kg/s, \qquad (5)$$

unde :

q_m este pierderea procentuală de căldură prin ardere incompletă mecanic, % ;

B_p — debitul de praf, kg/s ;

B — debitul de cărbune concasat, care intră în turnul de preuscare, kg/s ;

ΔW_{tm} — cantitatea specifică de apă eliminată în procesul de preuscare în turn și moară, kg/kg ;

$$\Delta W_{tm} = (W^i_t - W_p)/(100 - W_p), \ kg/kg, \qquad (6)$$

unde :

W^i_t este umiditatea totală inițială (a cărbunelui concasat), % ;

W_p — umiditatea prafului, % ;

$V_{gp}(\lambda_f)$ — volumul de gaze de ardere cu referire la un kg praf, calculat la sfîrșitul focarului (coeficientul de exces de aer la ieșirea din focar λ_f), m^3_N/kg.

Din egalitatea :

$$B_{ef} V_g(\lambda_f) = B_{efp} V_{gp}(\lambda_f) + v_{H_2O} B\, \Delta W_{tm}, \ m^3_N/s, \qquad (7)$$

rezultă :

$$V_{gp}(\lambda_f) = \frac{V_g(\lambda_f) - v_{H_2O}\, \Delta W_{tm}/(1 - 0{,}01\, q_m)}{1 - \Delta W_{tm}}, \qquad (8)$$

m^3_N/kg,

unde :

$V_g(\lambda_f)$ este volumul gazelor de ardere cu referire la lignitul concasat, m^3_N/kg ;

v_{H_2O} — volumul specific al vaporilor de apă, egal cu 1,242 m^3_N/kg.

Debitul gazelor de ardere recirculate (o fracție din debitul de gaze care ar circula prin focar în absența recirculării) are expresia :

$$D_{gr} = r D_{ga}, \ m^3_N/s, \qquad (9)$$

unde r este gradul de recirculare.

Debitul fazei gazoase (agentul de uscare și transport) măsurat după separatorul morii se calculează cu relația :

$$D_{mv} = D_{gr} + \Delta\lambda_m B_{ef} V^0_{aum} + v_{H_2O} B \Delta W_{tm}, \ m^3_N/s, \ (10)$$

unde :

V^0_{aum} este volumul de aer umed teoretic necesar arderii unității de cantitate de cărbune concasat, m^3_N/kg.

Debitul de substanță solidă după separatorul morii ventilator are expresia:

$$B_{mv} = B_p + \mu_a D_{gr}, \text{ kg/s}, \quad (11)$$

unde termenul al doilea din membrul drept reprezintă debitul de cenușă din gazele recirculate, kg/s; μ_a — concentrația cenușii în gazele din focar, kg/m^3_N,

$$\mu_a = 0{,}01\, a_{antr}\, B_p\, A^t_p / D_{ga}, \text{ kg/m}^3_N \quad (12)$$

unde a_{antr} este fracția de cenușă antrenată de gazele de ardere; A^t_p — procentul de cenușă al prafului de lignit, %; $A^t_p = A^t/(1 - \Delta W_{tm})$, unde A^t este conținutul de cenușă al lignitului concasat, %.

Cu expresiile precedente se poate calcula concentrația de praf a amestecului primar;

$$\mu_p = B_{mv}/D_{mv}, \text{ kg/m}^3_N. \quad (13)$$

La trecerea prin concentratorul de praf cele două faze (solidă și gazoasă) se repartizează astfel:

— faza solidă spre arzătorul auxiliar $m\, B_{mv}$, unde m este fracția din debitul de praf (în dezvoltarea ulterioară se va considera variabilă independentă), $m \in [0, 1]$;

— faza solidă spre arzătorul de bază $(1 - m)\, B_{mv}$, kg/s;

— faza gazoasă spre arzătorul auxiliar, aD_{mv}, m^3/s; în reprezentarea grafică fracția a se consideră parametru variabil;

— restul agentului de uscare și transport $(1 - a)D_{mv}$, care antrenează debitul de praf $(1 - m)B_{mv}$, va fi separat complet în desprăfuitor și electrofiltru și apoi evacuat în atmosferă.

Concentrația de praf în canalul spre arzătorul suport va avea expresia:

$$\mu_{pa} = \frac{m\, B_{mv}}{a\, D_{mv}} = \frac{m}{a}\mu_p, \text{ kg/m}^3_N. \quad (14)$$

Ea trebuie să fie în limite admise pentru a nu apărea pericolul sedimentării prafului pe pereții canalului. În consecință, mărimile m și a se aleg astfel încît să răspundă acestui scop (de fapt acestea sînt printre datele importante ale proiectării corpului de turbionare).

Debitul de aer secundar dirijat spre arzătorul auxiliar, care împreună cu aerul existent în faza gazoasă repartizată aceluiași arzător formează debitul total de aer necesar arderii, se calculează cu formula:

$$(m\lambda_i - a\,\Delta\lambda_m) B\; V^0_{aum}, \text{ m}^3_N/\text{s}. \quad (15)$$

Spre arzătorul de bază aerul de ardere, cu componentele lui aer primar necesar antrenării și aer secundar, se repartizează astfel:

$$(1 - m)\,\lambda_i B_{efp} V^0_{aump} = (1 - m)\,\lambda_i B_{ef}\, V^0_{aum}, \quad (16)$$

unde volumul de aer necesar arderii prafului are expresia:

$$V^0_{aump} = V^0_{aum}/(1 - \Delta W_{tm}), \text{ m}^3_N/\text{kg}. \quad (17)$$

Temperatura teoretică a flăcării arzătorului suport rezultă din următorul bilanț termic:

$$a\, D_{mv}(c_g\, t)_p + m\, B_{mv}(c_s\, t)_p + (m\lambda_i - a\Delta\lambda_m)\, B_{ef}\, I^0_{aum}(t''_p) + m\, B_p Q^i_p = m\, B_{efp}\, I_{gp}(\lambda_i, t_t) + a\,(D_{mv} - \Delta\lambda_m\, B_{ef} V^0_{aum}) \cdot (c_g t)_t + m\, D_{gr}\mu_a\,(c_a\, t)_t + 0{,}01(q_{ch} + q_m) m\, B_p\, Q^i_{ip}, \text{ kW}, \quad (28)$$

unde:

$(c_g\, t)_p$ este entalpia specifică a agentului de uscare și transport (după separatorul morii), kJ/m^3_N;

$(c_s\, t)_p$ — entalpia specifică a prafului după separator, kJ/kg;

$I^0_{aum}(t''_p)$ — entalpia aerului umed teoretic necesar arderii lignitului concasat, kJ/kg;

t''_p — temperatura de preîncălzire a aerului de ardere, °C;

Q^i_{ip} — puterea calorică inferioară a prafului, kJ/kg;

c_g — căldura specifică a gazelor, kJ/(m^3_N · K);

c_a — căldura specifică a cenușii, kJ/(kg · K);

q_{ch} — pierderea de căldură prin ardere incompletă chimic, %;

$I_{gp}(\lambda_i, t_t)$ — entalpia gazelor de ardere la arderea prafului de lignit funcție de excesul de aer la nivelul arzătorului și de temperatura teoretică (necunoscuta ecuației), kJ/kg.

Din egalitatea (oricare λ și t):

$$B_{ef}\, I_g(\lambda, t) = B_{efp}\, I_{gp}(\lambda, t) + v_{H_2O}\, B\Delta W_{tm}\,(c_{H_2O}, t), \quad (19)$$

unde c_{H_2O} este căldura specifică a vaporilor de apă, kJ/(m^3_N/K), rezultă:

$$I_{gp}(\lambda, t) = \frac{I_g(\lambda, t) - v_{H_2O}\Delta W_{tm}(c_{H_2O}t)/(1 - 0{,}01 q_m)}{1 - \Delta W_{tm}}, \quad (20)$$

unde $I_g(\lambda, t)$ este entalpia gazelor de ardere a lignitului concasat, kJ/kg.

Temperatura teoretică a flăcării arzătorului de bază se calculează cu relaţia :

$$(1-m)\,B_{mv}\,(c_s\,t)_p + (1-m)\lambda_i\,B_{ef}I^0_{aum}(t''_p) + \\ + (1-m)B_p\,Q^i_{ip} = (1-m)\,B_{efp}\,I_{gp}(\lambda_i, t_t) + \\ + (1-m)\,D_{gr}\,\mu_a\,(c_a\,t)_t + 0,01(1-m)\,(q_{ch} + \\ + q_m)\,B_p\,Q^i_{ip},\ \text{kW}, \qquad (21)$$

care se simplifică cu $(1-m)$, ceea ce arată că temperatura teoretică nu depinde de cantitatea de combustibil ars, dacă cele două substanţe, oxidantul şi combustibilul, sînt în raport stricit necesar. Ţinînd seama de fenomenele fizice, relaţia 21 se poate obţine din 18, dacă se consideră $a = 0$ şi $m = 1$.

Din condiţia de preuscare a lignitului o ecuaţie de bilanţ termic scrisă în jurul turnului, morii şi separatorului morii dă posibilitatea calculării gradului de recirculare (se impune umiditatea prafului W_p)

$$Bi_{co} + r[B_{efp}I_{gp}\,(\lambda_f, t_f) + av_{H_2O}B\Delta W_{tm}\,(c_{H_2O}t)_f] + \\ + \Delta\lambda_m\,B_{ef}\,I^0_{aum}\,(t_0) + B\,Q_M = B_p i_{cp} + \\ + r\,[B_{efp}\,I_{gp}(\lambda_f, t_p) + av_{H_2O}\,B\,\Delta W_{tm}\,(c_{H_2O}\,t)_p] + \\ + \Delta\lambda_m\,B_{ef}\,I^0_{aum}\,(t_p) + B\Delta W_{tm}\,[2510 - 4{,}19\,t_0 + \\ + (c_{pv}t)_p] + B\,Q_{extm},\ \text{kW}, \qquad (22)$$

unde :

i_{co}, i_{cp} reprezintă entalpia specifică a lignitului la intrare în turn şi a prafului, kJ/kg ;

t_o, t_p, t_f — temperatura mediului ambiant, a prafului (egală cu a fazei gazoase de antrenare) şi la sfîrşitul focarului, °C ;

Q_M — căldura dezvoltată în procesul de măcinare, KJ/kg ;

c_{pv} — căldura specifică a vaporilor de apă, kJ/(kg.K) ;

Q_{extm} — căldura pierdută în exterior prin pereţii turnului şi ai morii, kJ/kg.

Deoarece o parte a agentului de uscare şi transport ocoleşte focarul (fracţia separată în concentratorul de praf) temperatura medie teoretică în focar creşte în comparaţie cu temperatura teoretică de ardere care s-ar stabili într-un focar echipat cu schemă închisă de pregătire a prafului. Aceasta se poate constata din ecuaţia de bilanţ termic scrisă pentru instalaţia de preparare a prafului şi pentru focar :

$$Bi_{co} + B_{ef}\,(\Delta\lambda_m + \Delta\lambda_f)\,I^0_{aum}(t_0) + \lambda''_p B_{ef}I^0_{aum}(t''_p) + \\ + BQ^i_i = (1-a)\,D_{mv}(c_g t_{ev})_1 + B_{ejp}I_{gp}(\lambda_f, t_t) + \\ + av_{H_2O}B\,\Delta W_{tm}\,(c_{H_2O}\,t)_t + 0{,}01\,(q_{ch} + q_{exf} + \\ + q_m + q_{rf})B\,Q^i_i, \qquad (23)$$

unde :

Q^i_i este puterea calorică a lignitului la intrarea în turn, kJ/kg ;

$\Delta\lambda_f$ — infiltraţia de aer fals în focar ;

t_{ev1} — temperatura cu care gazele separate în instalaţia de preparare a prafului ies în atmosferă, °C (are valoarea aproximativ 70°C, mai mică, deci, decît temperatura cu care gazele de ardere sînt evacuate din cazan) ;

q_{exf} — căldura pierdută în exterior prin pereţii focarului, % ;

q_{rf} — căldura pierdută cu reziduurile solide din focar, %.

Dacă $a = 0$, schemă indirectă (deschisă), temperatura teoretică are valoare mare ; dacă $a = 1$, schemă directă (închisă), temperatura teoretică este minimă.

Căldura pierdută cu gazele de ardere evacuate din cazan este mai mică faţă de cazul echipării cazanului cu o schemă închisă, dar mai mare dacă schema de pregătire a prafului este deschisă. Această dependenţă se poate deduce din expresia :

$$Q_{ev} = (1 - 0{,}01\,q_m)\,[I_g(\lambda_{ev}, t_{ev}) - \lambda_{ev}\,I^0_{aum}\,(t_0)] - \\ - i_{co} - (1-a)\left[v_{H_2O}\,\Delta W_{tm}\,(c_{H_2O}\,t)_{ev} - \right. \\ \left. - \frac{D_{mv}}{B}\,(c_g\,t_{ev})_1\right],\ \text{kJ/kg}, \qquad (24)$$

unde :

λ_{cv} este excesul de aer la evacuare din cazan ;

t_{ev} — temperatura gazelor de ardere evacuate din cazan, °C.

Dacă $a = 0$ (schemă deschisă) valoarea căldurii pierdută cu gazele evacuate este mică ; dacă $a = 1$ (schemă închisă), valoarea este mare.

Grafice şi interpretarea lor

Pentru evidenţierea cantitativă a regimului termic stabilit în focarul unui cazan, care foloseşte schema de pregătire semideschisă cu concentrator de praf s-a folosit lignit din Bazinul Olteniei, avînd analiza elementară iniţială la intrarea în turnul de preuscare :

$C^i = 19{,}3\%$; $H^i = 1{,}8\%$; $S^i_c = 0{,}6\%$; $0^i = 7{,}3\%$; $N^i = 1{,}7\%$, $A^i = 28{,}3\%$, $W^i_i = 41\%$ ($W^i_i = 30\%$; $W^i_h = 11\%$) ; s-au calculat $Q^i_i = 6640$ kJ/kg ; $V^0_{aum} = 2\,\text{m}^3_\text{N}/\text{kg}$; $V_{RO_2} = 0{,}3645\ \text{m}^3_\text{N}/\text{kg}$; $V^0_{N_2} = 1{,}571\ \text{m}^3_\text{N}/\text{kg}$; $V^0_{H_2O} = 0{,}742\ \text{m}^3_\text{N}/\text{kg}$; $V^0_{gu} = 1{,}9355\ \text{m}^3_\text{N}/\text{kg}$; $V^0_g = 2{,}6775\ \text{m}^3/\text{kg}$; s-au admis : $t_0 = 25°\text{C}$; $t_p = 100°\text{C}$; $t''_p = 350°\text{C}$; $t_f = 1000°\text{C}$; $\Delta\lambda_m = 0{,}2$; $\Delta\lambda_f = 0{,}05$; $\lambda_f = 1{,}2$; $\lambda_i = 1{,}15$; $\lambda''_p = 0{,}95$; $W_p = 15{,}75\%$ $q_m = 1\%$; s-au calculat : $Q^i_{ip} = 10563$ kJ/kg ; $\Delta W_{tm} = 0{,}3$ kg/kg.

Pentru calculul entalpiei gazelor de ardere s-a folosit relația cunoscută:

$$I_g(\lambda, t) = (V_{RO_2} c_{CO_2} + V^0_{N_2} c_{N_2} + V^0_{H_2O} c_{H_2O})\, t + (\lambda - 1) V^0_{aum} [c_{aum} t + 0{,}01\, a_{antr} A^i c_a t, \text{ kg/kg},$$

unde căldurile specifice ale diverselor componente s-au înlocuit prin dependențele lineare, valabile în zona de temperatură 1000—2000°C, zonă în care se admite că variază temperatura teoretică de ardere:

$$c_{CO_2} = 0{,}4741 + 0{,}0522 \cdot 10^{-3} t, \text{ kcal/(m}^3_N \text{.K)};$$

$$c_{N_2} = 0{,}3107 + 0{,}0217 \cdot 10^{-3} t;$$

$$c_{H_2O} = 0{,}3542 + 0{,}0572 \cdot 10^{-3} t;$$

$$c_{aum} = 0{,}3205 + 0{,}0228 \cdot 10^{-3} t; \; c_a = 0{,}17 + 0{,}065 \cdot 10^{-3} t, \text{ kcal/(kg.K)};$$

$$c_g = 0{,}3422 + 0{,}0339 \cdot 10^{-3} t, \text{ kcal/(m}^3 \text{.K)}.$$

Cu aceste date inițiale s-a calculat gradul de recirculare (relația 22), obținîndu-se expresia:

$$r = 1{,}5/(6{,}826 + a).$$

De asemenea:

$$D_{gr} = 0{,}376\, r\, (7{,}183 + a) B_{ef};$$

$$D_{mv} = [0{,}376\, r\, (7{,}183 + a) + 0{,}776]\, B_{ef};$$

$$B_{mv} = 0{,}269(2{,}6 + r)B.$$

Expresia (18) a temperaturii teoretice a flăcării arzătorului auxiliar devine:

$$10^{-3}\left(0{,}0937\,\frac{7{,}109 + a}{6{,}826 + a}\,\frac{m}{a} + 0{,}0191\,\frac{7{,}183 + a}{6{,}826 + a} + 0{,}0215\right) t^2 + \left(0{,}8687\,\frac{6{,}905 + a}{6{,}826 + a}\,\frac{m}{a} + 0{,}193 \cdot \frac{7{,}183 + a}{6{,}826 + a} + 0{,}133\right) t - 29{,}13\left(\frac{7{,}4024 + a}{6{,}826 + a} + 68{,}486\right)\frac{m}{a} - 45{,}56\,\frac{6{,}976 + a}{6{,}826 + a} + 45{,}266 = 0.$$

Graficul funcției precedente este prezentat în figura 2, variabilă independentă m și parametru variabil a. Cînd m crește, pentru același a temperatura teoretică a arzătorului auxiliar crește; cînd a crește, la același m temperatura teoretică scade. Pentru $a = 0$, $m = 1$ (schemă deschisă), $t_t = 1903$°C; pentru $a = 1$, $m = 1$ (schemă închisă), $t_t = 1436$°C.

Temperatura teoretică a flăcării arzătorului de bază este independentă de m și a și are valoarea 1903°C (se poate obține din funcția precedentă dacă se consideră $a = 0$ și $m = 1$).

Pentru completarea analizei este nevoie și de exprimarea concentrației de praf spre arzătorul suport; relația (14) devine:

$$\mu_{pa} = \frac{1}{1 - 0{,}01\, q_m}\,\frac{3{,}867 + 0{,}522\, a}{6{,}976 + a}\,\frac{m}{a}, \text{ kg/m}^3_N,$$

al cărei grafic este prezentat în figura 3.

Ținînd seama de cele două grafice se poate admite cuplul de valori m și n, astfel ca instalația

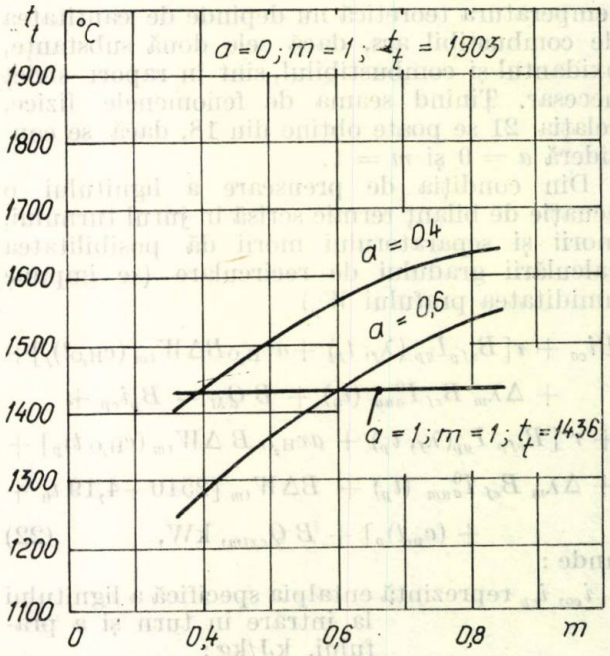


Fig. 2. Dependența temperaturii teoretice de ardere a flăcării arzătorului auxiliar de variabila m și parametrul a.

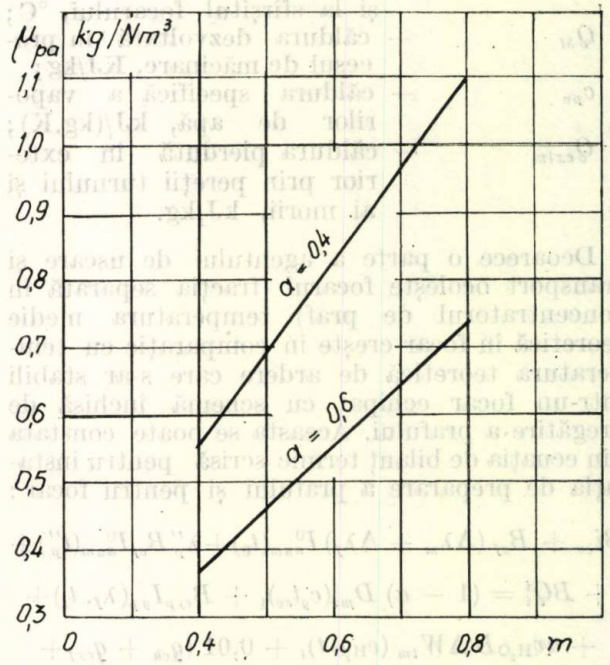


Fig. 3. Variația concentrației prafului în canalul arzătorului auxiliar.

să conducă la rezultate bune. Pentru o analiză completă este nevoie și de experimentări, care să evidențieze capacitatea de separare a corpului de turbionare, caracteristica granulometrică a prafului dirijat spre arzătorul suport, dar și spre cel de bază, analiza chimică a prafului, știind că în fracțiile fine predomină sterilul (praful spre arzătorul de bază este mai bogat în steril și deci puterea lui calorică este mai mică), comportarea cenușii în flacără etc.

Instalația de pregătire a prafului semideschisă cu concentrator de praf este folosită la centrala electrică Megalopolis din Grecia [1]. Combustibilul folosit este cărbunele brun, avînd: $W_t^i = 59{,}5 - 64\%$; $A^i = 15-20\%$; $Q_i^i = 3610-4025$ kJ/kg (860—960 kcal/kg). Centrala Megalopolis are două cazane de 117 kg/s (420 t/h) și două turbine de 125 MW. Fiecare cazan are șase mori ventilator (cu ciocane prealabile); arzătoarele auxiliare sînt dispuse în colțuri pe două nivele, între ele fiind montate arzătoarele de bază. Praful are $W_p = 29\%$; $R_{90} = 65-70\%$; $R_{1000} \leqslant 0{,}3\%$. După concentrator $m = 0{,}66$ și $a = 0{,}33$; desprăfuitorul are gradul de reținere $\sim 0{,}8$; din electrofiltru agentul de uscare și transport este evacuat în atmosferă. În prima perioadă de exploatare cu arzătoarele de bază montate între cele două nivele ale arzătoarelor suport nu s-au obținut rezultatele dorite, fapt ce a dus la amplasarea arzătoarelor de bază sub nivelul inferior al arzătoarelor suport, obținîndu-se astfel o ardere stabilă.

Bibliografie

[1] Maslov, V. E. *Pileconțentratorî v topocinoi tehnike.* Energhia, Moskva, 1977.

[2] Neaga, C. C. *Preuscarea cărbunelui cu ajutorul gazelor de ardere evacuate — o metodă de mărire a randamentului unui cazan de abur.* În: Energetica, nr. 12, 1973, p. 541—546.

[3] Neaga, C. C. *Caracteristicile constructive și funcționale ale schemei deschise, cu buncăr intermediar, de pregătire a prafului de combustibil solid.* În: Energetica, nr. 9, 1982, p. 416—420.

[4] Neaga, C. C. *Mărirea stabilității arderii prafului de lignit din bazinul Olteniei, pregătit în instalație cu insuflare directă cu ajutorul concentratorului de praf.* În: Energetica, nr. 1, 1983, p. 5—11.

[5] Neaga, C. C. *Mărirea stabilității arderii prafului de combustibil solid inferior cu conținut ridicat de umiditate folosind schema închisă, cu buncăr intermediar.* În: Construcția de mașini, nr. 5, 1983, p. 219—223.

[6] Popa, Th., Totolo, Cr., Müller, I. *Verfeuerungsversuche mit aschereicher Braunkohle.* In: VGB Kraftwerstechnik, 64, nr. 4, apr. 1984.

(Primit la 1 noiembrie 1983, acceptat la 27 aprilie 1984)

Caracteristicile lignitului din bazinul Oltenia-Nord și influența acestora asupra indicatorilor tehnico-economici ai CTE Rovinari

Ing. Viorica Neațu, ing. Laurențiu Ghioca, ing. Marius Ionescu *

Caracteristicile energetice principale ale combustibilului din bazinul Oltenia-Nord care au stat la baza proiectării centralelor din zonă și respectiv ale principalelor agregate — cazanele de abur, sînt următoarele:

— puterea calorifică inferioară la masa inițială — media 1600 kcal/kg;

— puterea calorifică inferioară la masa inițială, limită 1400—1800 kcal/kg;

— conținutul total de umiditate 41—45%;

— conținutul de cenușă la masă inițială 24—25,5%.

Au fost luați în considerație ca indicatori tehnico-economici de proiect ai unei centrale de zonă, spre exemplu CTE Rovinari, pentru o durată de funcționare la putere instalată de 6000h/an, următorii: puterea instalată 1720 MW, 10320 GWh energie produsă și un consum specific de combustibil de 338 g c.c./kWh, calculat pe baza consumului specific de căldură de 1895 kcal/kWh, garantat de furnizorul turbinei de 330 MW, cu o temperatură de 15°C a apei de răcire vehiculată cu turbopompă și pentru un randament al cazanului pe lignit de 87,5%.

Consumul propriu tehnologic de energie electrică pe perioada cercetată, precum și pierderile în transformatoare au rezultat a fi de 7,53%, iar prețul de cost de 100 lei/kWh.

Variații ale calității cărbunilor față de banda de calitate pe baza căreia s-au dimensionat cazanele, contribuie la reducerea puterilor disponibile și a energiilor produse, la creșterea consumurilor specifice proprii tehnologice și, în final, contribuie la neatingerea performanțelor nominale de proiect. Pe parcursul exploatării acestei centrale s-a constatat o înrăutățire permanentă a calității lignitului prin diluarea lui cu steril și apă, provenite fie dintr-o exploatare necorespunzătoare la mină sau centrală, fie datorită înrăutățirii calității reale a cărbunelui în depozit, ajungîndu-se în ultimii ani la caracteristicile medii (prezentate în tabelul 1).

În perioada ianuarie — septembrie anul 1982 situația puterii calorifice a cărbunilor livrați de furnizori se prezintă, comparativ cu anii 1980 și 1981, astfel (tabelul 2):

* Ing. Viorica Neațu, ing. Laurențiu Ghioca sînt proiectanți la I.S.P.E., ing. Marius Ionescu este șef Secție sinteză la același institut.

Tabelul 1

Anul sem.	Conţinut cenuşă la masa iniţială (media)	Conţinut de umiditate la masa iniţială (media)	Putere calorifică inferioară la masa iniţială (media)	Putere calorifică inferioară la masa iniţială limite (medii)
1980 SEM I	29,55	40,49	1403	1200–1610
1980 SEM II	29,24	40,29	1434	1250–1650
1981 SEM I	28,7	40,30	1464	1280–1650
1981 SEM II pînă în oct.	30,10	39,40	1441	1220–1660

Tabelul 2

Variaţia puterii calorifice medii inferioare şi pierderea de producţie pe o perioadă de circa 9 luni

Luna	$Q_{inf.}$ medie (kcal/kg)	Pierderi de capacitate de producţie (%)
Prima lună	1396–1410	7,9 – 8,2
A doua lună	1458–1479	4,5 –5,93
A treia lună	1485–1479	2,42–3,89
A patra lună	1315–1487	9,83–11,3
A cincea lună	1276–1444	5,45–13,33
A şasea lună	1320–1420	6,6 –11,8
A şaptea lună	1453–1510	3,1 – 5,8
A opta lună	1377–1393	0,6 – 8,12
A noua lună	1316–1373	8,61–11,04

1 — puterea calorifică medie de proiect = = 1600 kcal/kg;

2 — puterea calorifică medie realizată ianuarie — septembrie 1982 = 1461 kcal/kg;

3 — puterea calorifică medie realizată 1981 = = 1477 kcal/kg;

4 — puterea calorifică realizată 1980 = = 1428 kcal/kg;

5 — abaterea puterii calorifice medii în 1982 faţă de media de proiect = — 139 kcal/kg;

6 — abaterea puterii calorifice medii în 1982 faţă de media 1981 = + 16 kcal/kg;

7 — limita maximă a benzii de calitate = = 1400 kcal/kg;

8 — cantitatea totală de cărbune primit = = 6050,3 mii t;

9 — cantitatea de cărbune primit sub limita minimă 850,3 mii t = 14,0%;

10 — cantitatea de cărbune primit sub banda de calitate în 1981 = 39,33%.

Pe o perioadă de 9 luni s-a livrat o cantitate de 186 mii t cu putere calorică sub 1200 kcal/kg, reprezentînd 3% din livrările totale.

Ca urmare a utilizării cărbunelui cu putere calorifică sub banda de calitate, s-au redus puterile grupurilor energetice aflate în funcţiune pe cărbune şi se consumă hidrocarburi pentru a se menţine minimum tehnic de sarcină pe agregate.

Scăderea puterii calorifice inferioare medii are influenţă directă asupra debitului morilor cazanelor, în sensul scăderii acestuia cu repercusiuni asupra debitului cazanului şi respectiv a puterii produse de grupurile turbogeneratoare. Spre exemplificare în tabelul 3 se prezintă variaţia puterii calorifice medii inferioare şi respectiv pierderea de capacitate de producţie, în %, într-un interval de nouă luni de experimentare la CTE Rovinari.

Scăderea debitului de cărbune măcinat de mori în acest interval de timp din cauza scăderii calităţii cărbunelui a fost în medie de 61,2% faţă de valoarea nominală, debitul minim de cărbune măcinat pe ansamblul a 4 grupuri de 330 MW fiind în acelaşi interval de timp de:

- prima lună 70,6 t/h
- a doua lună 69,18 t/h
- a treia lună 62,01 t/h
- a patra lună 61,68 t/h
- a cincea lună 57,8 t/h
- a şasea lună 59,7 t/h
- a şaptea lună 60 t/h
- a opta lună 58,5 t/h
- a noua lună 60,3 t/h

Tabelul 3

Situaţia funcţionării unei centrale de zonă (producţie energie electrică şi exploatare cazane)

Nr. crt.	Luna	Energia electrică realizată faţă de cea planificată	Energia electrică realizată pe lignit, %	P_{ci}, kcal/kg	Analiză medie cărbune	
					W %	A_{anh}, %
1	Ianuarie	89,2	65,19	1417	40,9	48,9
2	Februarie	65,91	71,4	1495	41,3	46,6
3	Martie	140,65	71,4	1523	41,3	45,2
			Medie tr. I	1483	41,2	47,3
4	Aprilie	51,09	65,61	1456	40,2	47,4
5	Mai	44,73	77,39	1505	39,4	47,6
6	Iunie	45,15	69,0	1328	40,4	52,7
			Sem. I	1455	40,6	48,1
7	Iulie	53,37	70,2	1412	38,7	50,2
8	August	49,2	67,44	1391	38	51,4
9	Septembrie	44,56	68,20	1366	39	51,1
			Medie tr. III	1364	38,6	50,9
10	Octombrie	104,9	74,65	1491	41,3	42,2
11	Noiembrie	100,08	75,11	1599	41,4	43,8
12	Decembrie	64,97	81,3	1621	42,2	42,6
			Medie tr. IV	1568	41,6	42,8

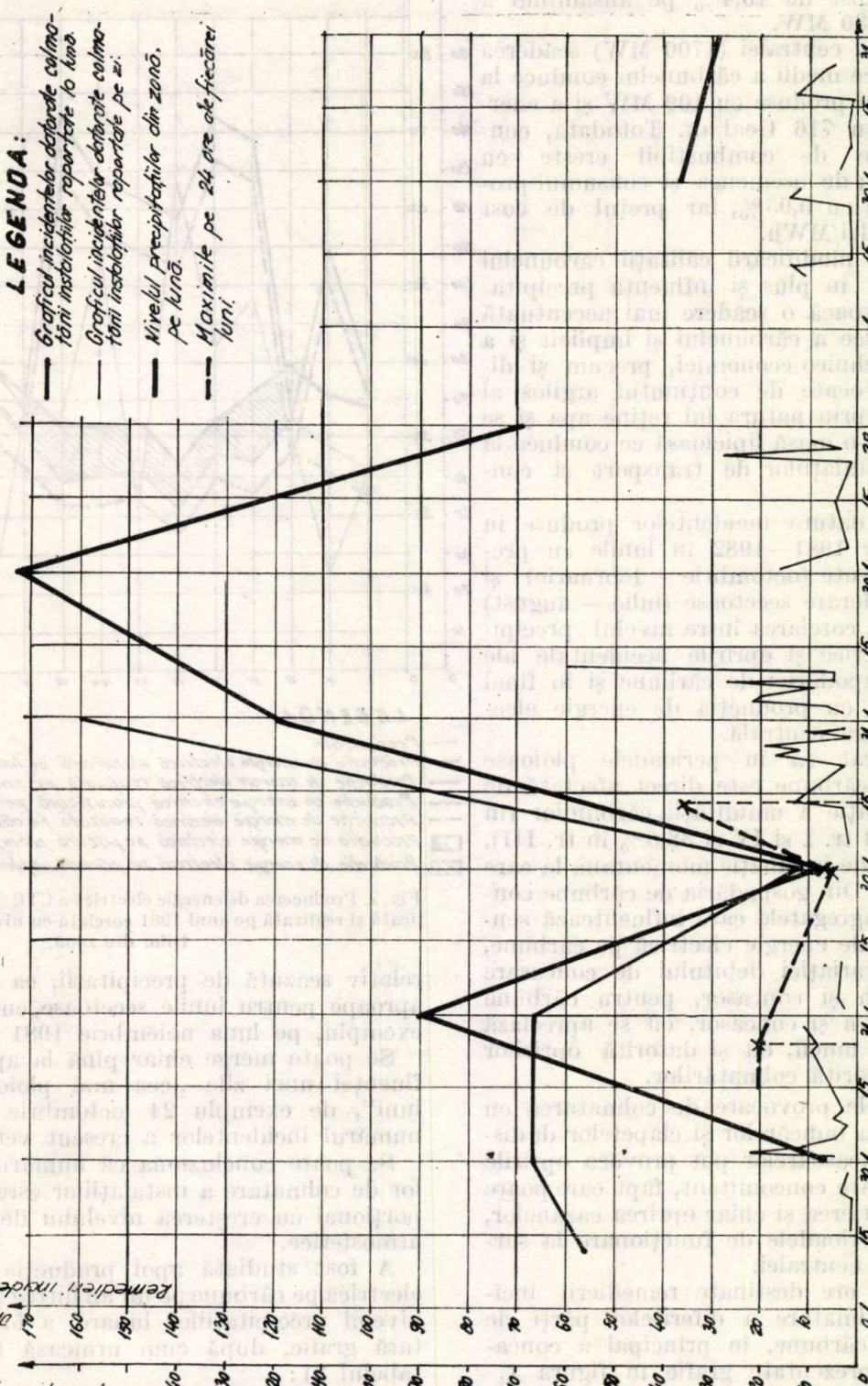


Fig. 1. Corelație între incidentele datorită colmatării instalațiilor și precipitațiile din zonă.

Pierderea de capacitate medie (energia neprodusă) datorită scăderii debitului pe moară, ca urmare a reducerii puterii calorifice medii a cărbunelui a fost de 10,4% pe ansamblul a 4 grupuri de 330 MW.

Pe ansamblul centralei (1700 MW) scăderea puterii calorifice medii a cărbunelui conduce la scăderea puterii produse cu 109 MW și a energiei electrice cu 716 Gcal/an. Totodată, consumul specific de combustibil crește cu 7,74g c.c./kWh; de asemenea și consumul propriu tehnologic cu 0,95%, iar prețul de cost crește cu 20,7 lei/MWh.

La influența modificării calității cărbunelui se mai adaugă în plus și influența precipitațiilor care provoacă o scădere mai accentuată a puterii calorice a cărbunelui și implicit și a indicatorilor tehnico-economici, precum și dificultățile provocate de conținutul argilos al sterilului, care prin natura lui reține apa și se transformă într-o masă lipicioasă ce conduce la colmatarea instalațiilor de transport și concasare.

S-a studiat natura incidentelor produse în perioada anilor 1981—1982 în lunile cu precipitații abundente (octombrie — februarie) și în lunile considerate secetoase (iulie — august) și s-a constatat corelarea între nivelul precipitațiilor atmosferice și opririle accidentale ale instalațiilor gospodăriei de cărbune și în final chiar corelarea cu producția de energie electrică pe întreaga centrală.

S-a considerat că în perioadele ploioase gospodăria de cărbune este direct afectată de gradul de variație a umidității cărbunilor (în medie 41,5% în tr. I și IV și 38,5% în tr. III), cît și de starea de îmbibație momentană la care se află aceștia. Din gospodăria de cărbune concasoarele sînt agregatele care influențează sensibil producția de energie electrică pe cărbune, atît datorită variației debitului de concasare de la 1600 t/h și concasor, pentru cărbune uscat, la 800 t/h și concasor, cît se apreciază pentru sezonul umed, cît și datorită opririlor accidentale datorită colmatărilor.

Astfel, opririle provocate de colmatarea cu cărbune umed a buncărelor și clapetelor de distribuție ale concasoarelor pot provoca opririle a 2—3 concasoare concomitent, fapt care poate conduce la avarierea și chiar oprirea cazanelor, în special în perioadele de funcționare la sarcina maximă a centralei.

Numărul de ore destinate remedierii incidentelor de colmatare a diferitelor părți de gospodărie de cărbune, în principal a concasoarelor, sînt prezentate grafic în figura 1, cumulat atît pentru 24 ore, cît și pentru o lună. Se constată că numărul incidentelor crește pentru lunile octombrie, decembrie 1981 și ianuarie 1982, luni în care precipitațiile au fost abundente, și scade pentru lunile de vară, iulie și august 1982, care au avut o cantitate

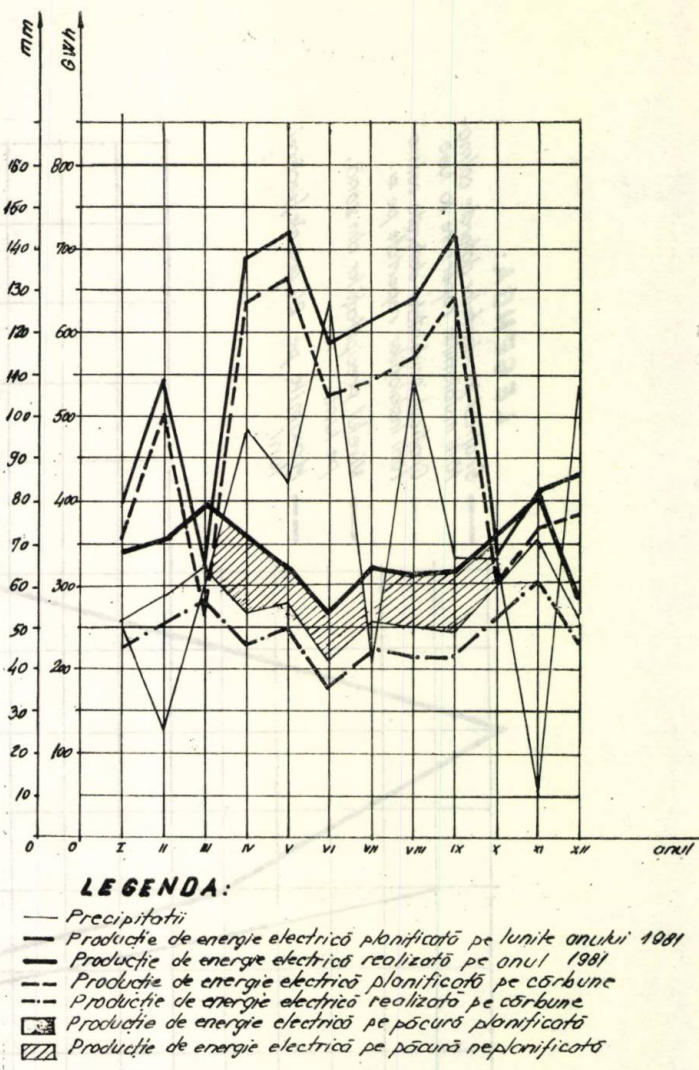


Fig. 2. Producerea de energie electrică a CTE Rovinari planificată și realizată pe anul 1981 corelată cu nivelul precipitațiilor din zonă.

relativ scăzută de precipitații, ca să lipsească aproape pentru lunile secetoase, cum a fost, de exemplu, pe luna noiembrie 1981 (fig. 1).

Se poate merge chiar pînă la aprecierea influenței unei zile „cea mai ploioasă a unei luni", de exemplu 24 octombrie 1981, cînd numărul incidentelor a crescut vertiginos.

Se poate concluziona că numărul incidentelor de colmatare a instalațiilor este direct proporțional cu creșterea nivelului de precipitații atmosferice.

A fost studiată apoi producția de energie electrică pe cărbune pe un an întreg și, cunoscînd nivelul precipitațiilor lunare, a fost reprezentată grafic, după cum urmează (figura 2 și tabelul 3):

— producția de energie electrică, planificată pe cărbune, corelată cu producția planificată pe centrală;

— producția de energie electrică realizată pe cărbune, pe un an, corelat cu întreaga producție a centralei pe același an.

Se constată în acest interval de timp că producția de energie electrică pe păcură care a fost planificată pentru 10% din producția totală s-a ridicat în realitate la 29,0%.

Din reprezentarea grafică (fig. 2) a producțiilor lunare de energie electrică realizată pe cărbune și păcură se constată o scădere a producției de cărbune în special pentru lunile cu precipitații atmosferice abundente, și anume pentru perioadele martie — iunie și octombrie — august și decembrie.

Din cei 500 GWh, apreciați ca realizați pe păcură neplanificată, se consideră că numai 40% se datoresc incidentelor de colmatare a instalațiilor (200 GWh).

Pe ansamblul unei centrale cu o producție de 1700 MWh, diminuarea producției cu 200 GWh conduce la o creștere a consumului specific de combustibil de 3 g c.c./kWh, a consumului propriu tehnologic de 1,05% și respectiv o creștere a prețului de cost cu 2% pentru 1kWh produs.

Pentru eliminarea acestor deficiențe trebuie luate o serie de măsuri, printre care cele mai urgente și importante sînt:

— măsurarea continuă a calității cărbunelui în flux cu posibilitatea de respingere a cărbunelui sub limita inferioară a puterii calorifice (1200 kcal/h);

— acoperirea parțială a depozitelor;

— realizarea de stocuri uscate pentru perioadele cu ploi torențiale etc.

(Primit la 17 februarie 1984, acceptat la 2 iunie 1984)

Proiectarea, realizarea și exploatarea rețelelor electrice de transport-distribuție

Posibilitatea realizării unor manometre cu membrană elastică și traductor Hall de deplasare liniară

Ing. Afilon Heler*

The Possibility to Build Elastic Diaphragm Pressure Gauges with Linear Hall Displacement Transducer

(Condensed from the paper in Romanian)

The paper shortly presents the simple and double diaphragm pressure gauge cell) as elastic elements providing a proportion between the pressure to be measured a linear displacement X_e (the diaphragm curve height considered in its center). The specialized literature indicates for X_e values ranging between 1,5 and 4 mm. For relatively small deformations [12, 16] one can write:

$$X_e = C \cdot p \qquad (1)$$

The constant C depends on the geometric shapes and dimensions of the diaphragm, the material's elasticity module and the Poisson coefficient.

It is worth mentioning that under certain conditions the elastic diaphragm (simple, double and the cell) represents a mechanical transducer providing a linear dependence (relation 1) between p and X_e.

The linear displacement Hall transducer is presented where the voltage Hall U_H is proportional to the displacement X which the Hall probe carries out in a magnetic field whose magnetic induction B oscillates linearly (i.e. a constant gradient), according to this direction of the displacement. One can write:

$$U_H = K_d \cdot X$$

the constant K_d being called by the author the Hall linear displacement transducer sensitivity.

From relations 1 and 2 there results that the device consisting of the elastic membrane and the Hall linear displacement transducer (when $X_e = X$) can be used as a pressure gauge, the millivoltmeter which measures U_H being calibrated directly in pressure units. Using relations 1 and 2 one can write:

$$U_H = K_d X = K_d X_e = K_d C_p = K_p \qquad (3)$$

$$p = K_p U_H = \frac{1}{K} U_H$$

The Hall transducer built by the author is presented where $K_d = 117$ mV/mm for the $X_e = (0-5)$ mm range.

The advantages of this pressure gauge are presented for the pressure measuring, recording and control; a relatively uncomplicated construction, small inertia, suitable remote measuring and control, easily changing measuring range, relatively high sensitivity and the precision (at the given diaphragm) depends on the measurement precision of U_H.

This pressure gauge type is a precious aid for the other electric pressure measurement methods.

★

Manometrele cu membrană elastică fac parte din categoria celor cu element elastic, în care se determină deformația pe care o suferă un element elastic pînă cînd forțele corespunzătoare presiunii sînt echilibrate de forțele elastice care apar în acel element în urma deformării sale.

* Ing. Afilon Heler lucrează la Institutul Central pentru tehnică de calcul — Timișoara

1. Membrana ca element elastic

Literatura de specialitate consultată [1...16] menţionează membrana elastică simplă şi membrana elastică dublă (denumită şi capsulă manometrică).

a. Membrana simplă este de fapt o placă metalică subţire, circulară, flexibilă, strînsă pe contur între două flanşe. În [16] sînt menţionate trei tipuri de membrane elastice simple: plană (fig. 1 *a*), plană cu centru rigid (fig. 1 *b*) şi gofrată (fig. 1 *c*). Numărul, forma şi dimensiunile ondulaţiilor concentrice (gofruri) sînt diferite în funcţie de destinaţie, limite de măsurare, alţi factori. Ondularea membranei măreşte rigiditatea (deci micşorează încovoierea la aceeaşi presiune p) şi redresează caracteristica membranei [11].

Din literatura de specialitate [3, 12, 16] rezultă că pînă la o anumită limită, săgeata X_e a membranei (considerată în centrul membranei) este proporţională cu presiunea p, care vine în contact cu una din feţele membranei. Săgeata maximă la membrana simplă, după unii autori [2, 7] este de 1,5—4 mm, iar după alţii [3, 8, 10, 11, 13] de 1,5—2 mm.

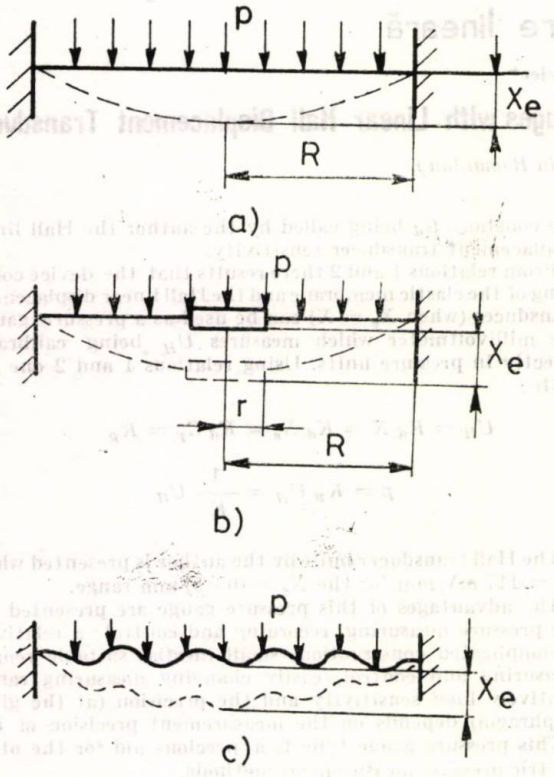


Fig. 1. Membrană elastică simplă: a — plană; b — plană cu centru rigid; c — gofrată.

În domeniul deformaţiilor relativ mici [12,16] pentru săgeata X_e a membranei elastice simple, se poate scrie expresia:

$$X_e = C\,p, \qquad (1)$$

în care C este o constantă ce ţine seama de:

— raza R şi grosimea membranei, modulul de elasticitate a materialului din care este confecţionată membrana, de caracterul încastrării membranei şi de coeficientul lui Poisson, la membrana plană;

— raza R şi grosimea membranei, modulul de elasticitate a materialului, de raportul R/r şi de coeficientul lui Poisson, la membrana plană cu centrul rigid;

— raza R şi grosimea membranei, modulul de elasticitate a materialului, forma şi numărul gofrurilor şi coeficientul lui Poisson în cazul membranei simple gofrate.

În figura 2 este prezentat, schematic, principiul de funcţionare al membranei elastice simple. Flanşa inferioară a se leagă de racordul c prin care se face comunicaţia cu mediul a cărui presiune p se măsoară. Cealaltă flanşă b, flanşa superioară, face corp comun cu carcasa manometrului. Pe faţa superioară, care comunică direct cu mediul înconjurător (presiune atmosferică p_0), în centrul membranei este fixat suportul d. Acest suport acţionează asupra mecanismului de transmitere şi amplificare, prin intermediul tijei e. Sub acţiunea presiunii p, membrana se deformează în sus, săgeata sa maximă fiind $X = X_e$.

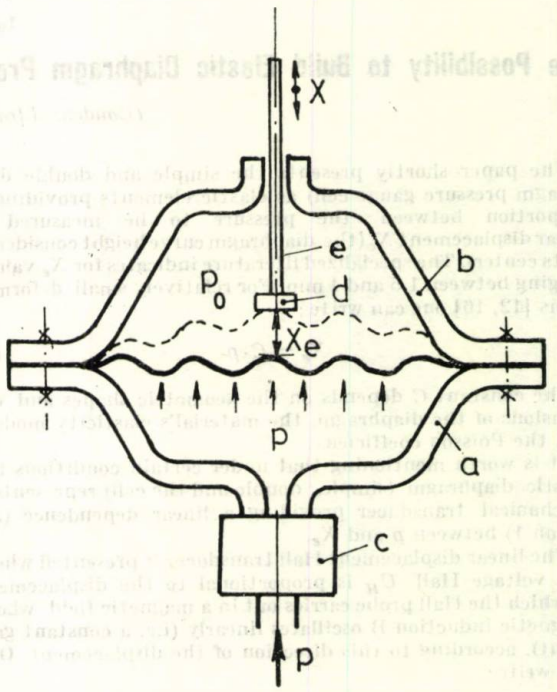


Fig. 2. Principiul de funcţionare al membranei elastice simple.

Datorită valorilor mici ale lui X_e (valori cuprinse între 1,5 şi 4 mm), manometrele cu membrană necesită mecanism cu raport de transmisie mare, ceea ce reduce sensibilitatea şi precizia acestora. Domeniul de măsură se poate mări prin micşorarea diametrului mem-

branei sau mărirea grosimii acesteia. Aparatele de măsurat presiunea cu membrană — manometre, vacuumetre, manovacuumetre și manometre diferențiale — se construiesc în special ca aparate indicatoare.

Din avantajele aparatelor cu membrană elastică simplă față de cele cu tub elastic se menționează:

— sensibilitatea redusă față de șocuri și vibrații mecanice;

— pot fi folosite la măsurarea presiunii unor fluide vîscoase sau corosive, întrucît canalul de comunicație cu recipientul (în care se află fluidul) este drept și larg, ceea ce permite o trecere ușoară a fluidului vîscos, iar membrana se poate acoperi (pe partea inferioară) foarte ușor cu un strat subțire de metal rezistent la coroziune (argint, platină etc.).

Ca dezavantaj este de reținut sensibilitatea lor mare față de variațiile temperaturii.

De menționat că membrana elastică simplă reprezintă un traductor mecanic ce asigură o legătură (dependență) între presiunea p de măsurat (ca mărime de intrare) și o deplasare liniară $X = X_e$ (ca mărime de ieșire).

b. Membrana dublă (capsula manometrică) este constituită din două membrane elastice simple, gofrate, 1 și 2 (fig. 3), asamblate prin lipire pe contur, formînd astfel o cutie 3, goală în interior. O asemenea construcție se mai numește și capsulă manometrică. Membrana 1 este rigidizată la mijloc de suportul 4, care conține și racordul 5 prin care se face comunicația cu mediul a cărui presiune p se măsoară. Cealaltă membrană 2, prin intermediul tijei 6, transmite deplasarea liniară X, produsă de p, la un sistem de indicare, folosindu-se un mecanism de transmitere corespunzător. În exteriorul capsulei se află aerul la presiunea atmosferică p_0 (a mediului ambiant). Sub acțiunea lui p, capsula se deformează înăuntru sau în afară, după cum $p < p_0$ sau $p > p_0$.

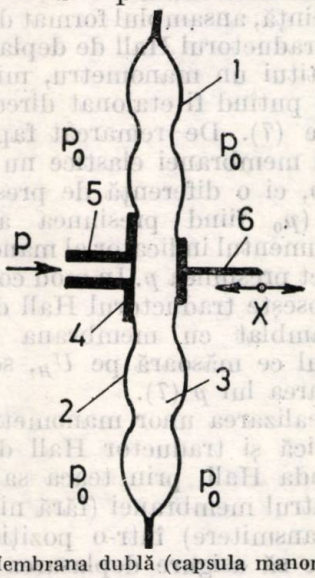


Fig. 3. Membrana dublă (capsula manometrică).

Deformația capsulei (deplasarea X) este practic dublă față de cazul membranei simple, ea fiind proporțională cu presiunea p numai la deplasări relativ mici. Pentru a obține proporționalitate și la deplasări mai mari, sînt necesare [3] construcții speciale ale mecanismului de transmitere. Legătura între deplasarea tijei 6 și presiunea de măsurat p este dată în literatura de specialitate [16] sub forma relației:

$$\frac{p R^4}{E h^4} = a \frac{X_e}{h} + b \frac{X_e^3}{h^3}, \qquad (2)$$

în care:

R și h sînt raza, respectiv grosimea membranei;

E — modulul de elasticitate a materialului din care este confecționată membrana dublă;

a și b — parametrii ce țin seama de forma gofrurilor membranei și de coeficientul lui Poisson;

X_e — deplasarea uneia din membranele elastice ce constituie capsula manometrică, deplasarea tijei 6 fiind egală cu suma deplasărilor celor două membrane ($X = X_e + X_e = 2X_e$).

Pentru asigurarea unei liniarități între deformarea capsulelor manometrice (adică deplasarea X) și presiunea p, pe suprafața capsulelor acționează uneori [8] un arc de formă specială, care compensează abaterile de la liniaritate. În aceste condiții, legătura între X și p este dată de relația 1.

Literatura de specialitate [8], pe lîngă capsula manometrică cu acțiune bilaterală (prezentată mai sus), menționează și pe cea cu acțiune unilaterală, cînd o membrană circulară gofrată este asamblată prin lipire pe un taler rigid.

Capsula manometrică este folosită în construcția indicatoarelor de tiraj (pentru instalațiile cu cazane, la furnale, cuptoare industriale), a barometrelor aneroide, barografelor, a unor vacuumetre. Aparatele realizate cu capsulă manometrică prezintă un mare avantaj, acela al insensibilității la variațiile de temperatură.

De reținut faptul că și capsula manometrică reprezintă un traductor mecanic ce asigură o anumită dependență (relația 2) între presiunea de măsurat p (ca mărime de intrare) și o deplasare liniară X egală cu dublul săgeții unei membrane (ca mărime de ieșire).

2. Traductor Hall de deplasare liniară

Cu ocazia altor lucrări elaborate de autor [17, 20], a fost descris multiplicatorul Hall, a cărui schemă electrică este prezentată în figura 4. Tensiunea Hall U_H, măsurată de milivoltmetrul mV, are expresia cunoscută:

$$U_H = K_H I_c B. \qquad (3)$$

Din această expresie rezultă caracterul de multiplicator, deoarece tensiunea Hall U_H (în volți) este proporțională cu produsul a două mărimi: I_c (în amperi), denumit curent de comandă și B (în tesla), inducția magnetică în care se află plăcuța semiconductoare SH (sonda Hall), creată de circuitul de excitație (de amperspirele $N_B I_B$) și care este normală la suprafața sondei Hall. Factorul de proporționalitate K_H, (în volt pe amper și tesla) este denumit sensibilitatea în sarcină a multiplicatorului Hall, el depinzînd de: constanta Hall a materialului semiconductor din care este confecționată sonda Hall: de dimensiunile geometrice ale plăcuței semiconductoare; de forma și dimensiunile geometrice ale electrozilor lipiți pe plăcuță pentru circuitul de comandă și circuitul Hall.

Tot din expresia tensiunii Hall (relația 3) mai rezultă și posibilitatea măsurării unei deplasări lineare X, prin măsurarea lui U_H, dacă inducția magnetică $\bar{B}$ (normală la suprafața sondei Hall) este o mărime constantă în timp, dar o funcție lineară după direcția de deplasare X, iar curentul de comandă I_c este menținut constant. În aceste condiții se poate scrie:

$$B = K_B X, \tag{4}$$

respectiv:

$$U_H = K_H I_c B = K_H I_c K_B X = K_d X, \tag{5}$$

unde:

K_d este o constantă care poate fi denumită sensibilitatea traductorului Hall de deplasare lineară.

Caracterul de traductor Hall de deplasare al unui multiplicator Hall (în condițiile sus-menționate) rezultă din relația 5, tensiunea Hall fiind o măsură a deplasării X (deplasare pe care o efectuează sonda Hall) într-o direcție de-a

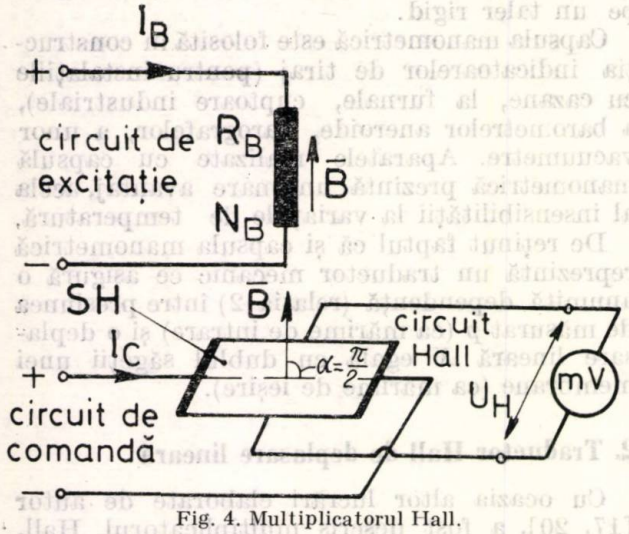


Fig. 4. Multiplicatorul Hall.

lungul căreia inducția magnetică B variază linear (gradient constant).

Literatura de specialitate [18, 19] prezintă unele sisteme magnetice (circuite de excitație pentru crearea lui B) care să asigure o dependență liniară între tensiunea Hall U_H și deplasarea liniară X a sondei Hall SH.

3. Posibilitatea realizării unor manometre cu membrană elastică și traductor Hall de deplasare lineară

Din literatura de specialitate, consultată de autor [1...16] și pe baza celor prezentate mai sus, se poate trage concluzia că membrana elastică poate asigura o dependență liniară (1) între o mărime de intrare X_i (unde $X_i = p$, presiunea de măsurat) și o mărime de ieșire X_e, care este o deplasare liniară ($X_e = X$).

Avînd în vedere că traductorul Hall de deplasare liniară, poate asigura proporționalitatea între tensiunea Hall U_H și o deplasare liniară X, (5), rezultă posibilitatea măsurării presiunii p prin tensiunea Hall U_H, dacă mărimea de ieșire X_e (săgeata membranei elastice) de la traductorul mecanic cu membrană elastică devine mărime de intrare pentru traductorul Hall de deplasare liniară ($X_e = X$). În aceste condiții și pe baza relațiilor 1 și 5, se poate scrie:

$$U_H = K_d X = K_d X_e = K_d C\, p = K\, p \tag{6}$$

sau:

$$p = K_p U_H, \tag{7}$$

unde:

$$K_p = \frac{1}{K} = \frac{1}{K_d C} = \frac{1}{K_H I_c K_B C}, \text{ în } \frac{N}{m^3 \cdot V}, \text{ este}$$

constanta manometrului.

În consecință, ansamblul format de membrana elastică și traductorul Hall de deplasare liniară, poate constitui un manometru, milivoltmetrul mV (fig. 4) putînd fi etalonat direct în unități de presiune (7). De remarcat faptul că prin intermediul membranei elastice nu se măsoară presiunea p, ci o diferență de presiune $\Delta P = p - p_0$ (p_0 fiind presiunea atmosferică), dar la instrumentul indicator al manometrului se citește direct presiunea p. În mod corespunzător dacă se folosește traductorul Hall de deplasare liniară asamblat cu membrana elastică, la instrumentul ce măsoară pe U_H, se poate citi direct valoarea lui p (7).

Pentru realizarea unor manometre cu membrană elastică și traductor Hall de deplasare liniară, sonda Hall, prin teaca sa, se fixează rigid în centrul membranei (fără nici un mecanism de transmitere) într-o poziție corespunzătoare care să asigure deplasarea acesteia în cîmpul magnetic de inducție B, în direcția X, direcție după care gradientul lui $\bar{B}$ este constant.

4. Rezultate experimentale

În scopul obținerii unui cîmp magnetic neomogen, constant în timp, de un gradient al inducției magnetice constant, deci cu o variație liniară după o anumită direcție, s-a folosit un circuit de excitație (un sistem magnetic)

ca cel din figura 5. Sisteme magnetice, care au același rol, sînt menționate în literatura de specialitate [18, 19]. Eventualele nesimetrii ale celor două circuite magnetice (ca dimensiuni sau ca omogenitate a materialului feromagnetic) se pot compensa printr-o alegere corespunzătoare a valorilor curenților I_1 și I_2, astfel ca la δ_1, $= \delta_2 = \delta$ să existe $B_1 = B_2 = B$ în cele două întrefieruri.

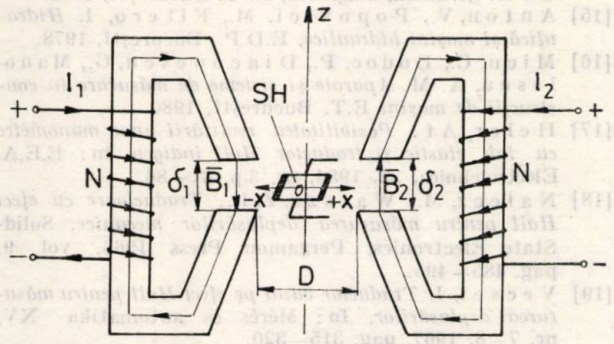


Fig. 5. Traductorul Hall de deplasare lineară realizat și experimentat.

Sonda Hall SH (tip Siemens — FA24) a fost deplasată, folosind un dispozitiv micrometric corespunzător, după direcția OX în cîmpul magnetic neomogen plan-paralel cu variație lineară după OX (deci gradient constant după această direcție). Distanța D, dintre cele două circuite magnetice, cu întrefierurile δ_1 și δ_2 se poate modifica, după necesitate.

Pentru $D = 4$ mm și $\delta_1 = \delta_2 = 2$ mm, s-a obținut experimental dependența dintre tensiunea Hall U_H și deplasarea lineară X a sondei Hall SH. Această dependență $U_H = f(X)$ este reprezentată în figura 6, ea fiind lineară pentru $-2{,}5$ mm $< X < +2{,}5$ mm, interval care acoperă limita maximă pentru săgeata X_e a membranei elastice simple care este

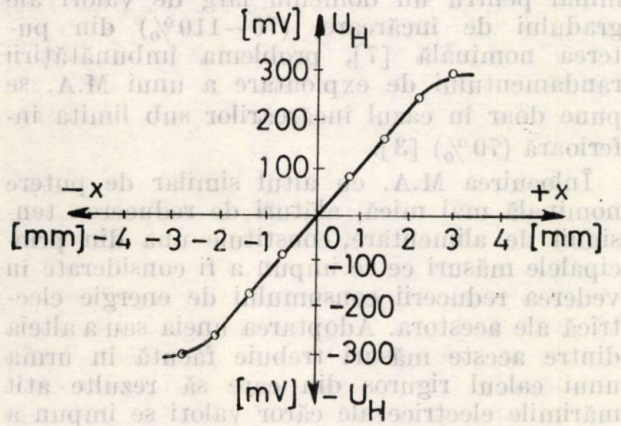


Fig. 6. Dependența $U_H = f(X)$.

X_e (1,5 — 4)mm [2,7]. Pentru acest interval de liniaritate a rezultat pentru sensibilitatea traductorului Hall de deplasare lineară K_d (6) valoarea $K_d = 117$ mV/mm, o sensibilitate pe care o considerăm foarte bună.

Același traductor Hall de deplasare lineară, realizat și experimentat (fig. 5) pentru membrana elastică simplă, poate fi utilizat și în cazul folosirii membranei elastice duble (capsula manometrică), cînd X_e este practic dublu față de cazul celei simple, adică $X_e = (3 - 8)$mm. În acest scop se mărește distanța D dintre cele două circuite magnetice, în mod corespunzător, scăzînd însă sensibilitatea.

Pentru membrana elastică dublă poate fi utilizat și traductorul Hall de deplasare lineară, realizat și experimentat de autor cu ocazia altei lucrări [17].

5. Concluzii

Asemenea aparate pentru măsurat presiunea, avînd în componența lor traductorul Hall de deplasare lineară și membrană elastică, reprezintă o noutate în tehnica măsurării, ele completînd în mod avantajos celelalte metode de măsurare pe cale electrică a presiunii. Aceste aparate s-ar putea folosi la măsurarea, înregistrarea și reglarea presiunilor, constructiv fiind mai simple decît cele întîlnite în literatura de specialitate [1...16].

Sonda Hall fiind montată, prin teaca sa, direct pe membrana elastică, se elimină orice mecanism de transmitere și amplificare a deplasării, ceea ce face ca inerția acestor manometre să fie foarte mică, putîndu-se urmări, prin tensiunea Hall, variații rapide ale membranei (deci ale presiunii de măsurat). Pentru deplasarea sondei Hall în cîmpul magnetic este necesară o forță foarte mică, sonda fiind foarte ușoară, iar asupra ei nu se manifestă forțe de reacție (ca în cazul altor traductoare electrice), traductorul Hall avînd caracteristici dinamice foarte bune.

Acest tip de manometre poate asigura, prin tensiunea Hall, o telemăsurare și telecomandă corespunzătoare, căci U_H poate fi ușor amplificată. Dacă I_c este o mărime sinusoidală, iar B rămîne constant în timp și de gradient constant după direcția X, atunci U_H va fi tot sinusoidală (3), condițiile de amplificare devin și mai bune. Tensiunea Hall, care este o funcție de presiune p (6) poate fi introdusă în echipamente de calcul sau folosită pentru a realiza comenzi, respectiv reglări automate.

Manometrele cu membrană și traductor Hall pot fi montate și în mediu gazos exploziv, deoarece nu sînt prevăzute cu nici un contact electric care să se închidă sau deschidă în timpul măsurării (cum este cazul altor traductoare electrice de deplasare) și drept urmare sînt evitate scînteile, arcul electric, respectiv exploziile.

Precizia acestor manometre depinde de tipul membranei elastice și de precizia cu care se măsoară tensiunea Hall. Domeniul de măsură se poate moditica prin dimensiunile geometrice

ale membranei, forma şi numărul gofrurilor, iar asupra sensibilităţii se poate influenţa prin valoarea curentului de comandă I_c şi forma circuitului magnetic ce creează pe B.

Schimbarea sensului deplasării membranei elastice (a sondei Hall) faţă de o poziţie zero, cînd $p = p_N$ (p_N fiind o valoare stabilită ca nominală) se manifestă în modificarea semnului tensiunii Hall. În aceste cazuri, la $p = p_N$ se asigură ca $X = 0$, respectiv $U_H = 0$.

Bibliografie

[1] Dodoc, P. *Metrologia generală.* E.D.P., Bucureşti, 1979.

[2] Coman, G., Popescu, P., Petrescu, V. *Tehnica măsurării presiunii şi debitului,* E.P.D., Bucureşti, 1963.

[3] Iohovschi, M.C. *Tehnica măsurării presiunii şi a vidului* (traducere din lb. rusă). E.P. Bucureşti, 1951.

[4] Moga, A. *Metode şi mijloace industriale pentru măsurarea presiunilor. Partea I. Aparate de măsurat.* In: Metrologia aplicată, vol. 8, nr. 4, oct.-dec. 1961, pag. 158–167.

[5] Moga, A. *Metode şi mijloace industriale pentru măsurarea presiunilor. Partea a II-a. Traductori.* In: Metrologia aplicată, vol. 9, nr. 1, 1962, pag. 13–23.

[6] * * * *Lexiconul tehnic român,* vol. 10, E.T., Bucureşti 1962, pag. 447–456.

[7] Manolescu, S. *Tehnica măsurării presiunii şi a debitului,* E.T., Bucureşti, 1958.

[8] Penescu, T., Petrescu, V. *Măsurarea presiunii în tehnică.* E.T., Bucureşti, 1968.

[9] Negrea, V. D. *Bazele cercetării experimentale a maşinilor termice.* Curs 1978, OI. P. Timişoara.

[10] Preobrajenski, V.P. *Măsurări şi aparate de măsurat termotehnice.* E. T., Bucureşti, 1960.

[11] Kulakov, M. V., Scepkin, S. I. *Aparate automate de măsurat şi de control în industria chimică,* E. T., Bucureşti, 1979.

[12] Apostolescu, N., Taraza, D., *Bazele cercetării experimentale a maşinilor termice.* E.D.P. Bucureşti, 1979

[13] Murin, G. A. *Măsurări termotehnice* (traducere din lb. rusă) E.E. de Stat Bucureşti, 1954.

[14] Tölle, H. *Măsurări în instalaţiile termice* (traducere din lb. germană, adaptată) E. T. Bucureşti, 1972.

[15] Anton, V., Popovici, M., Fitero, I. *Hidraulică şi maşini hidraulice,* E.D.P., Bucureşti, 1978.

[16] Micu, C., Dodoc, P., Diaconescu, G., Manolescu, A. M. *Aparate şi sisteme de măsurare în construcţii de maşini* E.T. Bucureşti, 1980.

[17] Heler, Af. *Posibilitatea realizării unor manometre cu tub elastic şi traductor Hall indigen.* In: E.E.A. Electrotehnica, 32, 1984, nr. 3,p. 81–86.

[18] Nalecz, M., Warsza, Z. L., *Traductoare cu efect Hall pentru măsurarea deplasărilor mecanice.* Solid-State Electronics, Pergamon Press 1966, vol. 9, pag. 485–495.

[19] Vecsei, I. *Traductor bazat pe efect Hall pentru măsurarea deplasărilor.* In: Mérés és automatika XV, nr. 7–8, 1967, pag. 315–320.

[20] Heler, Af. *Posibilitatea folosirii unui traductor Hall de unghi, indigen, asamblat cu un tub elastic Bourdon răsucit, spiral sau elicoidal, la măsurarea, înregistrarea şi reglarea presiunii la fluide.* In: E.E.A. Electrotehnica, 32, 1984, nr. 4, p. 140–143.

(Primit 3 august 1983, acceptat 8 aprilie 1984)

Încadrarea în randamente optime a acţionării instalaţiilor de ventilaţie şi exhaustare slab încărcate prin înlocuirea motorului electric de antrenare

Ing. Mihai Moga, dr. ing. Adrian Buta, ing. Gicu David*

Introducere

Instalaţiile de ventilaţie şi exhaustare (I.V.E.) antrenate de motoare electrice asincrone (M.A.), constituie un consumator de energie electrică comun multor întreprinderi industriale şi cu o pondere importantă în consumul total de energie electrică al acestora. Datorită regimului de funcţionare al I.V.E. practic constant şi de lungă durată, asigurarea funcţionării M.A. la randamentul optim şi deci reducerea puterii electrice active absorbite de M.A., constituie sursa unor importante economii de energie electrică. În practică, însă, datorită schimbării unor caracteristici ale utilajului antrenat sau alegerii eronate în faza de proiectare se întîlnesc multe M.A. funcţionînd cu încărcări reduse [8]. Datorită formei aplatizate a caracteristicii randament-încărcare în jurul randamentului nominal pentru un domeniu larg de valori ale gradului de încărcare, (70–110%) din puterea nominală [7], problema îmbunătăţirii randamentului de exploatare a unui M.A. se pune doar în cazul încărcărilor sub limita inferioară (70%) [3].

Înlocuirea M.A. cu altul similar de putere nominală mai mică, alături de reducerea tensiunii de alimentare, constituie una din principalele măsuri ce se impun a fi considerate în vederea reducerii consumului de energie electrică ale acestora. Adoptarea uneia sau a alteia dintre aceste măsuri trebuie făcută în urma unui calcul riguros din care să rezulte atît mărimile electrice ale căror valori se impun a fi comparate cu cele admisibile (timp de pornire, turaţie, putere şi curent absorbit etc.), cît şi eficienţa economică a aplicării măsurii (reducerea pierderilor de energie şi putere).

Extinderea utilizării tehnicii de calcul electronic, cunoaşterea teoriei maşinilor electrice asin-

* Asist. ing. Moga Mihai şi şef lucr. dr. ing. Buta Adrian, sînt cadre didactice la Institutul politehnic „Traian Vuia" Timişoara, Facultatea de electrotenică, Catedra de electroenergetică, iar ing. David Gicu, este inginer la Intreprinderea de Vagoane Arad.

crone permit astăzi efectuarea facilă a acestor calcule, cu condiția însă a cunoașterii tuturor parametrilor mașinii sau efectuării unui număr mare de încercări. Aceste condiții sînt greu de îndeplinit în practică datorită numărului redus de date de catalog accesibile în mod curent și dificultăților privind realizarea încercărilor, în special pentru I.V.E. de dimensiuni mari (care de fapt prezintă interes din acest punct de vedere).

În cadrul prezentei lucrări se expune o metodă de analiză a soluțiilor de înlocuire a M.A. slab încărcate ale I.V.E. cu motoare electrice similare, dar de puteri nominale mai reduse, utilizînd doar datele de catalog ale motoarelor și rezultatele unor măsurători ce pot fi efectuate într-un scurt interval de timp, fără a necesita un aparataj special. Măsurătorile urmăresc determinarea :

a) mărimilor electrice în regim staționar de funcționare al M.A. :
   - P_A — puterea electrică activă absorbită;
   - n — turația rotoarelor;
   - f — frecvența tensiunii de alimentare;
   - U_A — tensiunea de alimentare;
   - I_A — curentul absorbit de M.A. de la rețeaua de tensiune U_A;

b) caracteristicile $n = f(t)$ la pornirea și oprirea instalației.

În scopul precizării semnificațiilor notațiilor se prezintă mai jos datele de catalog ale M.A. utilizate în cadrul lucrării :

- P_n — puterea nominală;
- U_n — tensiunea nominală de linie;
- I_n — curentul nominal (de tensiune U_n);
- n_n — turația nominală;
- $m = M_{max}/M_n$ — cuplul maxim relativ;
- GD^2 — momentul de volant;
- η_n — radamentul nominal.

Pentru efectuarea analizei soluțiilor de înlocuire a M.A. existent pe baza datelor de catalog și ale măsurătorilor precizate mai sus, se impune realizarea următoarelor etape :

1 — calculul și validarea parametrilor I.V.E. necesari modelului matematic;
2 — testarea analitică a funcționării I.V.E., considerînd pentru antrenarea acestora M.A. similare cu puteri nominale mai mici decît a celui existent;
3 — aprecierea posibilității și oportunității înlocuirii M.A. și stabilirea puterii nominale a acestuia.

Metoda propusă s-a aplicat unui set de zece I.V.E. [8] dintre care se prezintă în cadrul lucrării pentru exemplificare o instalație de ventilație, cu debitul nominal: $D_n = 45000$ m³/oră, presiunea nominală: $p_n = 75$ mm H_2O, antrenată cu un motor electric asincron tip ASI—280 M—75 cu următoarele date de catalog: $P_n = 55$ kW, $U_n = 380$ V, $I_n = 106$ A, $n_n = 980$ rot/min, $\cos\varphi_n = 0{,}86$, $\eta_n = 92\%$, $m = 2{,}6$, $GD^2 = 9{,}1$ kg.m².

Prin măsurători s-au determinat:

$P_A = 12{,}5$ kW, $U_A = 380$ V, $I_A = 48$ A, $n = 983$ rot/min, $f = 49{,}3$ Hz și caracteristicile de oprire și pornire (fig. 1).

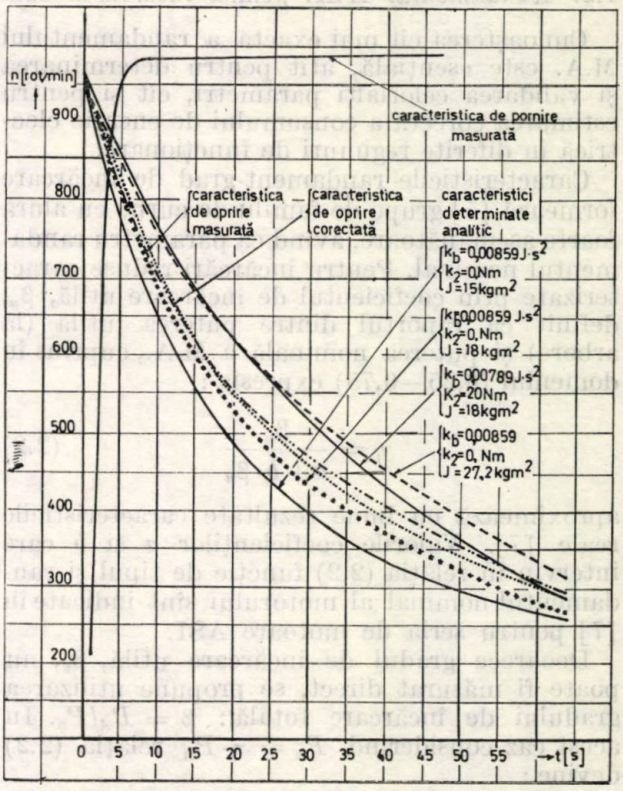


Fig. 1. Caracteristicile de pornire și oprire ale I.V.E.

1. Calculul și validarea parametrilor I.V.E.

Parametrii care intervin în modelul matematic al I.V.E., necesar testării analitice a posibilităților de înlocuire a M.A. slab încărcate sînt : momentul de inerție total (J_t) al I.V.E., alunecarea critică (s_k) și randamentul (η) la încărcarea dată a M.A., coeficienții expresiei cuplului rezistent al I.V.E., reactanța de dispersie a înfășurărilor M.A. Pentru determinarea momentului de inerție total s-a utilizat metoda lansării [2], cu precizarea că în locul turației suprasincrone s-a realizat o turație cu ceva mai mare decît turația nominală (dar mai mică decît turația sincronă) prin închiderea completă a șibărului de admisie a aerului, iar pentru determinarea celorlalți parametri s-au stabilit relații de calcul în care se consideră cunoscute doar datele de catalog și rezultatele măsurătorilor efectuate. Aceste relații sînt prezentate în continuare.

1.1. Alunecarea critică

Considerînd expresia cuplului maxim relativ [1]:

$$m = \frac{1}{2}(s_k/s_n + s_n/s_k) \qquad (2.1)$$

rezultă: $s_k = s_n\ (m \pm \sqrt{m^2 - 1})$,
unde:
s_n este alunecarea nominală.

1.2. Randamentul M.A. pentru încărcarea dată

Cunoașterea cît mai exactă a randamentului M.A. este esențială, atît pentru determinarea și validarea celorlalți parametri, cît și pentru estimarea corectă a consumului de energie electrică în diferite regimuri de funcționare.

Caracteristicile randament-grad de încărcare formează [5] grupe de familii de curbe cu alură foarte asemănătoare, avînd ca parametru randamentul nominal. Pentru încărcări reduse caracterizate prin coeficientul de încărcare utilă, β_u, definit ca raportul dintre puterea utilă (la arbore) și puterea nominală a M.A., cuprins în domeniul (0,25—0,75) expresia:

$$\eta = \frac{\beta_u}{a + b \cdot \beta_u} \qquad (2.2)$$

aproximează cu bune rezultate caracteristicile reale [7]. Valorile coeficienților a și b care intervin în relația (2.2) funcție de tipul și randamentul nominal al motorului sînt indicate în [7] pentru seria de motoare ASI.

Deoarece gradul de încărcare utilă, β_u, nu poate fi măsurat direct, se propune utilizarea gradului de încărcare totală: $\beta = P_A/P_n$. În acest caz considerînd $P_u = \eta \cdot P_A$ relația (2.2) devine:

$$\eta = \frac{\beta - a}{b \cdot \beta}. \qquad (2.3)$$

1.3. Coeficienții expresiei cuplului rezistent al I.V.E.

În literatură [1], [3], se recomandă utilizarea următoarelor expresii pentru cuplul rezistent M_r, al I.V.E.:

a) $M_r = K_a \cdot \Omega^2$;

b) $M_r = K_b \cdot \Omega^2 + K_2$; (2.4)

c) $M_r = K_b \cdot \Omega^2 + K_2 + K_4 \cdot e^{-K_3\Omega}$,

unde:

$\Omega = \dfrac{n}{2\pi\, 60}$ este viteza unghiulară geometrică a rotoarelor.

Deși expresia c) este cea mai completă, considerînd atît frecările constante cu turația (termenul K_2), cît și cuplul rezistent de pornire (termenul $K_4 \cdot e^{-K_3\Omega}$), s-a evitat utilizarea sa deoarece determinarea celor patru coeficienți este dificil de realizat, iar ultimul termen are o valoare redusă în raport cu primii doi, efectul său făcîndu-se simțit doar în primele momente ale pornirii instalației. În consecință, pentru cuplul rezistent M_r al I.V.E. se va adopta expresia b) din (2.4).

Pentru determinarea coeficienților K_b și K_2 este necesară cunoașterea punctelor de funcționare în diagrama $M-n$ (fig. 2) pentru două regimuri distincte.

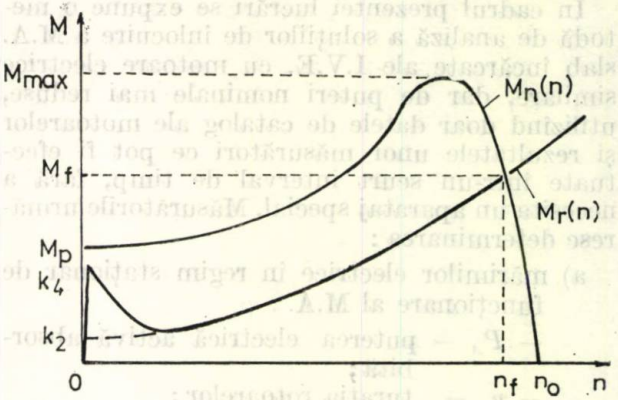


Fig. 2. Cuplurile motor și rezistent funcție de turație.

Pentru fiecare regim staționar din condiția de echilibru a cuplurilor: $M_r = M_m$ rezultă cîte o ecuație:

$$\eta \cdot P_A = K_b\, \Omega^2 + K_2. \qquad (2.5)$$

Cele două regimuri de funcționare distincte corespund pozițiilor extreme ale șibărului de aspirație al I.V.E. În cazul în care nu se pot realiza cele două regimuri, din relația (2.5), se exprimă K_b în funcție de K_2, obținîndu-se mai multe perechi de valori pentru K_b și K_2. Se determină analitic (prin integrarea ecuației de mișcare a I.V.E.) curba de oprire $n(t)$ pentru fiecare pereche de constante K_2, K_b și se reține perechea de valori pentru care curba determinată analitic este cea mai apropiată de cea determinată experimental.

1.4. Reactanța de dispersie

Considerînd expresia simplificată a cuplului electromagnetic (relația lui Kloss) se obține:

$$\frac{U_n^2}{2\, n_0 X} = \frac{m P_n}{n_n},$$

unde:
n_0 este turația de sincronism.
Rezultă reactanța de dispersie a M.A.:

$$X = \frac{U_n^2}{2m \cdot P_n} \cdot \frac{n_n}{n_0}. \qquad (2.6)$$

1.5. Validarea parametrilor calculați

În vederea validării parametrilor calculați s-au comparat caracteristicile dinamice (de pornire

și oprire ale I.V.E.) determinate experimental cu cele similare determinate analitic, considerînd parametrii calculați anterior. În acest scop s-au parcurs următoarele etape:

a) s-a reprezentat analitic caracteristica de oprire sub forma unei funcții $n_{exp}(t) = e^{u+vt}$, unde u și v sînt constante ce se determină folosind analiza de regresie;

b) s-a integrat ecuația de mișcare a rotoarelor I.V.E., considerînd alunecarea „s" ca variabilă în timp:

$$\frac{pU_A^2}{X \cdot \omega_0} \cdot \frac{1}{s_K/s + s/s_K} - K_b \left[\frac{\omega_0(1-s)}{p}\right]^2 - K_2 = -J_t \frac{\omega_0 \, ds}{p \cdot dt}, \qquad (2.7)$$

unde:

ω_0 este viteza unghiulară electrică a cîmpului magnetic statoric: $\omega_0 = 2\pi f$;

p — numărul de perechi de poli ai M.A.

Pe baza variației alunecării s în timpul opririi instalației calculate cu (2.7), s-a determinat caracteristica analitică de oprire a I.V.E.:

$$n_{c(t)} = \frac{\omega_0(1-s)}{p};$$

c) s-a calculat abaterea medie patratică, (e) a caracteristicii $n_c(t)$ față de caracteristica experimentală, aproximată prin funcția $n_{exp}(t)$, rezolvînd integrala:

$$e^2 = \frac{1}{T}\int_0^T [n_{exp}(t) - n_c(t)]^2 \cdot dt, \qquad (2.8)$$

unde:

T este aproximativ egal cu timpul necesar opririi;

d) s-au ajustat parametrii determinați cu o precizie mai redusă (s-au considerat în această categorie J_t și K_2).

Cu noul set de parametri s-a reluat ciclul începînd cu punctul b) pînă la obținerea abaterii „e" minime.

1.6. Parametrii instalației de ventilație considerate

Pentru instalația de ventilație prezentată în paragraful 1, utilizînd relațiile expuse mai sus s-au determinat, pe baza datelor de catalog și a rezultatelor măsurătorilor: alunecarea critică (s_k) a M.A.; reactanța de dispersie, (X) a înfășurărilor M.A.; coeficienții K_b și K_2 ai expresiei cuplului rezistent, randamentul (η) al M.A. la încărcarea β dată. Momentul de inerție total (J_t) și momentul de inerție J_m al M.A. au fost determinate prin metoda lansării, respectiv cu relația:

$$J_m = GD^2/4g.$$

Rezultatele sînt prezentate în tabelul 1.

Pentru validarea mărimilor calculate s-au comparat caracteristicile de oprire $n_c(t)$ determinate prin integrarea ecuației de mișcare (2.7) în care s-au considerat diferite valori pentru K_2 și J_t cu caracteristica de oprire, $n(t)$, determinată experimental (fig. 1).

Au fost adoptate ca valori finale pentru aceste mărimi: $K_2 = 0.0$ și $J_t = 18.0$ kgm^2, care au determinat caracteristica cu cea mai mică abatere „e" față de cea determinată experimental.

2. Testarea analitică a funcționării I.V.E. cu M.A. de putere nominală mai mică

2.1. Aspecte generale

Testarea analitică trebuie să răspundă următoarelor două probleme: a) dacă este eficientă înlocuirea M.A. existent și b) care este M.A. ce conduce la eficiența maximă (consum minim de energie electrică) în condițiile respectării tuturor restricțiilor impuse.

În vederea stabilirii modelului matematic al I.V.E. prevăzută cu M.A. de diferite puteri nominale se determină în prealabil pentru fiecare M.A. parametrii: s_n, s_K, X, pe baza datelor de catalog și momentul de inerție total al I.V.E. antrenată cu alt M.A. decît cel existent, cu relația:

$$J_{tn} = J_{tv} - J_{mv} + J_{mn}, \qquad (3.1)$$

unde:

J_{tv} este momentul de inerție total al I.V.E. cu M.A. existent (determinat anterior);

J_{mv} — momentul de inerție al M.A. existent (determinat pe baza datelor de catalog);

J_{mn} — momentul de inerție al noului M.A.

În vederea testării analitice a posibilității substituirii M.A. existent, au fost considerate

Tabelul 1

Mărimea	β	s_K [%]	X [Ω]	K_b [J/s² rad]	K_2 [N·m]	J_t [kgm²]	η [%]	J_m [kgm²]
Valoarea	0.227	8.52	0.495	0.00859	0.0	225	80	2.275
Relația de calcul	—	2.1	2.6	2.5	2.5	—	2.3	—

Tabelul 2

Nr. crt.	Tip	$P_n^{[kW]}$	$s_K^{[\%]}$	$X^{[\Omega]}$	$\eta^{[\%]}$	$J_m^{[kgm^2]}$	$J_t^{[kgm]}$	Obs.
0	ASI-280 M 75	55	8,52	0,495	0,75	2,27	18	
1	ASI-280S 75—6	45	8,52	0,605	0,78	1,8	17,53	
2	ASI-250 M 61—6	37	11,9	0,679	0,8	1,2	16,92	
3	ASI-225M 60—6	30	10,6	0,825	0,82	1	16,72	
4	ASI-200L 55—6	22	6,2	1,592	0,85	0,26	16	
5	ASI-200L 55—6	18,5	6,0	1,893	0,86	0,26	16	

motoarele asincrone cu puteri nominale de: 45, 37, 30, 22 şi 18,5 kW cu acelaşi număr de perechi de poli ca şi motorul existent pentru care s-au calculat parametrii necesari testului analitic (tabelul 2).

Considerarea unor motoare electrice cu puteri nominale mai mici decît 18,5 kW pentru acest caz nu este justificată, avînd în vedere reducerea randamentului nominal al acestora şi creşterea substanţială a timpului de pornire al instalaţiei.

2.2. Determinarea mărimilor electrice caracteristice regimurilor staţionare şi timpilor de pornire

Prin integrarea ecuaţiei de mişcare a rotoarelor (relaţia 2.7), utilizînd programul de calcul elaborat în acest scop, denumit convenţional VEXHO, s-au obţinut caracteristicile de pornire, atît la pornirea prin conectare directă la reţea, cît şi prin comutator stea-triunghi, pe baza cărora s-au determinat timpii de pornire (t_{pd} şi respectiv t_{py}), turaţia finală (n_f) şi cuplul rezistent (CR).

Totodată, s-a calculat turaţia n a rotoarelor în regim staţionar şi valoarea cuplului rezistent, CR, al I. V.E. la turaţia n.

Pentru calculul curentului absorbit I_A s-a considerat pentru M.A. schema echivalentă din figura 3, în care, neglijînd rezistenţa înfăşurării rotorice, rezultă:

$$I_A^2 = I_R^2 + I_\mu^2, \tag{3.2}$$

unde:

$$I_R^2 = \frac{C_R \cdot n \cdot s}{9.554 \cdot s_k \cdot X(1-s)}. \tag{3.3}$$

Pentru calculul curentului de magnetizare I_A, se admite ipoteza egalităţii curenţilor de magnetizare exprimaţi în unităţi relative nominale pentru toate M.A. considerate pentru o I.V.E.

Curentul de magnetizare relativ: I_μ/I_n al M.A. existent se poate determina utilizînd relaţiile (3.3) şi (3.2), unde curentul absorbit I_A este cunoscut prin măsurători.

Rezultă puterea electrică activă absorbită:

$$P_A = \frac{2\pi n}{60 \cdot \eta} \cdot CR, \tag{3.4}$$

unde:

η este randamentul M. A. la încărcarea dată, calculată cu relaţia (2.2), în funcţie de randamentul nominal al M.A. şi de gradul de încărcare utilă:

$$\beta_u = \frac{C_R \cdot \Omega}{P_n}.$$

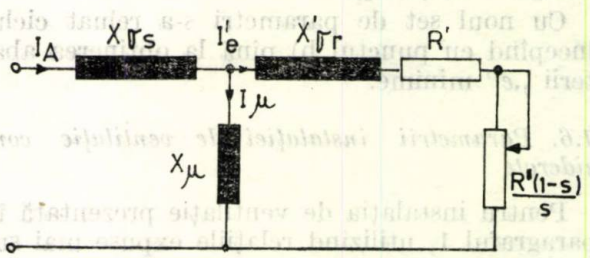


Fig. 3. Schema echivalentă considerată pentru M.A.

Reducerea procentuală a puterii electrice active absorbite prin înlocuirea M.A. existent, cu altul de putere nominală mai mică este:

$$\Delta P^{\%} = (1 - P_A/P_{A0}) \cdot 100, \tag{3.5}$$

unde:

P_{A0} este puterea absorbită de M.A. existent.

Tabelul 3

Nr. crt.	$P_n^{[kW]}$	[rot/min] n	$I_R/I_A^{[A]}$	P_A/kW/	$t_{pă}/t_{py}^{[s]}$	$\Delta P\%$	Obs.
0	55	983,29	28,5/48	12/48	4,78/5,92		
1	45	982,69	28,47/42,46	12,46	5,78/6,98	7,5	$I_A < I_n$
2	37	989,83	27,35/38,08	11,546	5,38/6,78	7,53	$I_A < I_n$
3	30	979,86	27,06/34,59	11,301	7,19/8,38	9,5	$I_A < I_n$
4	22	979,85	26,67/31,5	10,902	20/21,27	12,7	$I_A < I_n$
5	18,5	978,67	26,61/30,3	10,867	24,0/25,95	13,0	$I_A < I_n$

3. Rezultate. Concluzii

Mărimile caracteristice regimului staţionar de funcţionare al instalaţiei de ventilaţie, determinate atît pentru antrenarea sa cu motorul existent (poziţia 0 din tabelul 3), cît şi cu motoare de puteri nominale mai mici (poziţiile 1—5 din tabelul 3) permit aprecierea oportunităţii înlocuirii M.A. existent şi puterea nominală a noului motor de antrenare, considerînd atît restricţiile impuse, cît şi eficienţa economică a soluţiei.

Restricţiile ce se impun a fi verificate în vederea aprecierii posibilităţii înlocuirii motorului existent cu altul de putere nominală mai mică, dar cu aceeaşi turaţie de sincronism, sînt: curentul I_A absorbit în regim staţionar să fie mai mic sau egal cu curentul său nominal (I_n) şi timpul de pornire să fie mai mic sau egal cu timpul maxim admis pentru pornirea instalaţiei. Aprecierea eficienţei soluţiei de înlocuire a motorului existent se efectuează pe baza indicatorului $\Delta P\%$ (tabelul 3) în funcţie de valoarea investiţiei necesare pentru materiale şi manoperă, considerînd condiţiile concrete.

În concluzie, se poate afirma că aprecierea oportunităţii înlocuirii unui motor de antrenare slab încărcat (sub 70%) şi stabilirea puterii nominale a noului motor de antrenare trebuie efectuată pe baza analizei mai multor mărimi caracteristice ce pot fi determinate pe baza unor parametrii a căror valoare poate fi calculată şi validată considerînd date şi măsurători în general accesibile.

Bibliografie

[1] Saal, C., Szabo, W. *Sisteme de acţionare electrică. Determinarea parametrilor de funcţionare.* E. T. Bucureşti, 1981.

[2] * * * *Metode de încercare. Determinarea momentului de inerţie al rotoarelor,* STAS 9904/9—76.

[3] Balaurescu, D., Eremia, M. *Îmbunătăţirea factorului de putere.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1982.

[4] Răduţi, C., Nicolaescu, V. *Maşini electrice rotative fabricate în România,* Editura Tehnică, Bucureşti, 1981.

[5] * * * *Manualul inginerului electrician.* E.T. Bucureşti, 1971.

[6] Dordea, T. *Maşini electrice.* E.D.P. Bucureşti, 1977.

[7] Potlog, D. *Bilanţul electric al acţionărilor cu motoare asincrone.* Energetica, nr. 8, august 1982.

[8] * * * *Asistenţă tehnică în vederea încadrării în randamente energetice optime ale instalaţiilor de acţionare ale ventilatoarelor.* Contract de asistenţă tehnică, Timişoara, 1982.

(Primit la 16 mai 1983, acceptat la 4 august 1983)

Posibilități de evaluare a eficienței economice realizată de filtrele absorbante prin stingerea armonicilor superioare

Ing. Emanoil Cocoș*

Armonicile de curent și tensiune induse în rețeaua de energie, în principal de către receptoarele deformante, cauzează inconveniente de ordin tehnic și economic, atît rețelei, cît și consumatorilor. Consecințele de natură tehnică ale regimului deformant — dereglări, avarii — sînt cauzate îndeosebi de supratensiuni, supracurenți, perturbații electromagnetice, modificarea parametrilor și performanțelor mașinilor și aparatelor electrice. Acestea implică, evident, dezavantaje economice, totuși cele mai importante efecte negative de ordin economic rămîn cele *directe*, provenind din pierderile suplimentare de putere activă pe care armonicile superioare le cauzează elementelor constitutive ale instalațiilor electrice.

Dacă o apreciere cantitativă, cît de cît exactă, a acestor pierderi directe este foarte dificil de realizat pentru fiecare element sau grupă de elemente din componența sistemului electric, aprecierile globale, legate de un anumit generator de armonici, se pot efectua relativ simplu.

Se va analiza cazul cel mai frecvent întîlnit în practică: un consumator deformant (CD), generator de armonici de curent, alimentat din sistem (S) prin bara (B), impune instalarea unui filtru absorbant de armonici (FA).

Motivarea acestei soluții se cunoaște:

— necesitatea compensării puterii reactive solicitată de CD (mutatoare, cuptoare cu arc — în general mari consumatoare de putere reactivă), pe armonica fundamentală;

— necesitatea filtrării principalelor armonici de curent generate de CD, spre a evita pătrunderea lor în rețea și pe circuitele consumatorilor nedeformanți din zonă.

Pentru a analiza eficiența economică a FA, obținută prin reducerea pierderilor de putere pe armonicile generate de CD, este necesară estimarea acestor pierderi în două situații:

— înainte de montarea FA (fig. 1 a);

— după punerea în funcțiune a FA (fig. 1 b).

S-a notat cu Σi_ν ansamblul curenților armonicilor superioare de ordin general ν, generate de CD; dintre aceștia, o parte, $\Sigma i_{\nu s}$ se închid prin impedanțele echivalente ale sistemului (rețelei), $\underline{Z}_{\nu s}$, iar cealaltă parte, $\Sigma i_{\nu f}$, prin impedanțele echivalente ale filtrului, $\underline{Z}_{\nu f}$.

Se poate introduce un indicator denumit *factor de eficiență pe armonici* al FA, definit prin reducerea pierderilor de putere pe armonicile generate de CD:

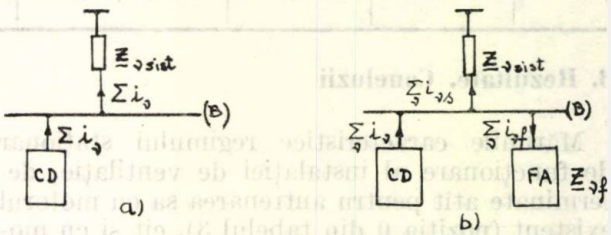


Fig. 1. Circulația curenților armonicilor superioare: a — înainte de montarea FA; b — după punerea în funcțiune a FA

$$\eta_{FA} = \frac{P_{ec}}{P_{sff}} = \frac{P_{sff} - (P_f + P_s)}{P_{sff}}, \qquad (1)$$

unde:

P_{sff} sînt pierderile de putere activă în sistem, pe armonicile generate de CD, la funcționarea fără filtru;

P_s — pierderile de putere activă produse de armonicile injectate în sistem, cu FA în funcțiune;

P_f — pierderile de putere activă în filtru, produse de armonicile absorbite;

P_{ec} — puterea economisită prin reducerea pierderilor pe armonicile superioare, odată cu instalarea FA.

Este evident că atît FA, cît și sistemul, înregistrează pierderi și pe armonica fundamentală, dar acestea sînt legate de problema compensării puterii reactive și sînt incluse, încă de la proiectare, în calculele de eficiență aferente.

De asemenea, se cunoaște că rețeaua este „împînzită" de surse de curenți și tensiuni nesinusoidale, astfel încît la bara (B) se manifestă și un regim deformant propriu rețelei, neindus de CD. Peste curenții nesinusoidali generați de CD și filtrați, se înregistrează și alți curenți nesinusoidali, proveniți din rețea și care încarcă, de asemenea, treptele FA. Acest regim deformant propriu rețelei nu se va lua în considerare în calculele ce urmează, întrucît se urmărește stabilirea eficienței economice adusă de FA în strictă legătură cu CD, a cărui existență a necesitat instalarea filtrului de armonici. Această premisă face posibilă calcularea indicatorului η_{FA}, deși, procedînd astfel, se va constata o eficiență mai scăzută în raport cu cea reală.

* Ing. Emanoil Cocoș — C.P.L. M.E.E. — filiala Constanța

Se mai adoptă următoarele două ipoteze simplificatoare, uzitate curent în practica dimensionării FA :

— treptele acordate ale FA (circuite rezonante serie — CRS) absorb complet curenții de armonici pe frecvențele de acord ;

— se neglijează „stimularea" producerii armonicilor superioare ale curentului de către CD, prin apariția FA.

Cu notațiile adoptate anterior avem relația evidentă :

$$\Sigma i_\nu = \Sigma i_{\nu f} + i_{\nu s}. \tag{2}$$

Pentru fiecare armonică, atît FA, cît și sistemul prezintă o impedanță echivalentă de tip serie ; în cazul FA, impedanțele $\underline{Z}_{\nu f}$ se pot determina prin calcule, iar în cazul sistemului $\underline{Z}_{\nu s}$ se pot obține prin măsurători efectuate la bara (B), cu analizorul de rețea. Evident, $\underline{Z}_{\nu s}$ și $\underline{Z}_{\nu f}$ se pot explicita :

$$\underline{Z}_{\nu s} = R_{\nu s} + jX_{\nu s}(\nu \geqslant 2), \tag{3}$$

$$\underline{Z}_{\nu f} = R_{\nu f} + jX_{\nu f}(\nu \geqslant 2).$$

Calcularea indicatorului η_{FA} impune, desigur, determinarea pierderilor de putere pe armonici : P_s, P_f și P_{sff}. Vom avea, ținînd cont de (2) și (3) :

$$P_s = 3 \sum_\nu R_{\nu s} \cdot I_{\nu s}^2, \tag{4}$$

$$P_f = 3 \sum_\nu R_{\nu f} \cdot I_{\nu s}^2, \tag{5}$$

$$P_{sff} = 3 \sum_\nu R_{\nu s} \cdot I_\nu^2. \tag{6}$$

În cazul cel mai general, FA este alcătuit din :

— trepte trece-bandă (CRS) acordate pe frecvențele $m_1, m_2, m_3, \ldots, m_i$, formînd un filtru absorbant trece-bandă (FATB) ;

— filtru absorbant trece-sus (FATS), care reține (parțial) armonicile de ordin superior celor principale, tratate — de regulă — prin CRS.

Pierderile de putere în filtru, P_f, se vor compune din doi termeni, corespunzători celor două părți ale FA :

$$P_{f(m)} = 3 \sum_{m_1}^{m_i} R_{mf} \cdot I_m^2 \text{ — pentru FATB ;} \tag{7}$$

$$P_{f(\nu > m_i)} = 3 \sum_{\nu > m_i} R_{\nu f} \cdot I_{\nu f}^2 \text{ — pentru FATS.} \tag{7'}$$

Prin urmare :

$$P_f = P_{f(m)} + P_{f(\nu > m_i)} = 3 \sum_{m_1}^{m_i} R_{mf} \cdot I_m^2 +$$

$$+ 3 \sum_{\nu > m_i} R_{\nu f} \cdot I_{\nu f}^2 \tag{8}$$

Rezultă în final :

$$\eta_{FA} = \frac{\sum_\nu R_{\nu s} \cdot I_\nu^2 - \left(\sum_{m_1}^{m_i} R_{mf} \cdot I_m^2 + \sum_{\nu > m_i} R_{\nu f} \cdot I_{\nu f}^2 + \sum_{\nu > m_i} R_{\nu s} \cdot I_{\nu s}^2 \right)}{\sum_\nu R_{\nu s} \cdot I_\nu^2} \tag{9}$$

În cazuri concrete, diferite de cazul general, relația (9) se poate adapta cu ușurință.

Pentru determinarea factorului de eficiență pe armonici al FA trebuie cunoscute caracteristicile elementelor constitutive ale filtrului, impedanțele echivalente ale sistemului și valorile armonicilor curentului absorbit de consumatorul deformant.

În cazul mutatoarelor, curenții armonici generați pe frecvențele caracteristice se pot estima cu suficientă precizie. La alte tipuri de consumatori deformanți însă, rezolvarea acestei probleme este mult mai dificilă și trebuie contat pe valori limită aproximative, determinate statistic. În asemenea condiții, eficiența economică pe armonici a FA poate fi doar evaluată. Ca exemplu se poate cita cazul cuptoarelor cu arc, generatoare de curenți armonici într-un spectru variabil aleator, în limite foarte largi.

Departajarea curenților armonici pe circuitele echivalente ale FA și sistemului reprezintă, teoretic, o problemă simplă (fig. 2).

Cunoscînd curentul $\underline{I}_\nu$ debitat de CD pe armonica ν se pot calcula curenții $\underline{I}_{\nu s}$ și $\underline{I}_{\nu f}$, luîndu-se de fiecare dată ca origine de fază $\underline{I}_\nu$:

$$\underline{I}_{\nu s} = I_\nu \cdot \frac{\underline{Z}_{\nu f}}{\underline{Z}_{\nu s} + \underline{Z}_{\nu f}} = I_\nu \frac{R_{\nu f} + jX_{\nu f}}{(R_{\nu f} + R_{\nu s}) + j(X_{\nu f} + X_{\nu s})}, \tag{10}$$

$$\underline{I}_{\nu f} = I_\nu \cdot \frac{\underline{Z}_{\nu s}}{\underline{Z}_{\nu s} + \underline{Z}_{\nu f}} = I_\nu \frac{R_{\nu s} + jX_{\nu s}}{(R_{\nu f} + R_{\nu s}) + j(X_{\nu f} + X_{\nu s})} \tag{11}$$

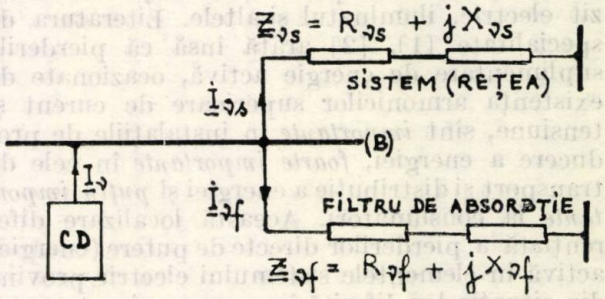


Fig. 2. Schema electrică echivalentă pentru calculul departajării curenților armonicilor superioare.

Cu valorile efective ale acestor curenți, obținute pentru fiecare armonică în parte, se poate trece la aplicarea formulei (9) ; calculele vor fi, evident, destul de laborioase.

Pentru cazul mutatoarelor, valorile curenților pe armonicile principale (caracteristice) se determină în funcție de valoarea armonicii fundamentale, I_1

$$I \simeq \frac{I_1}{\nu}. \tag{12}$$

În cazul în care aceste armonici se tratează prin FATB, putem neglija, într-o primă aproximație, încărcarea treptelor FA cu armonici de rang superior celor tratate. Spre exemplu, dacă mutatorul are 6 pulsuri, el va genera armonici canonice de rang $\nu = kp \pm 1$, deci 5, 7, 11, 13, 17, 19 ... Dacă se tratează primele armonici și se neglijează aportul celorlalte la producerea pierderilor, relația (9) devine :

$$\eta_{FA} \simeq \frac{\sum\limits_{m} R_{ms} \cdot \frac{I_1^2}{m^2} - \sum\limits_{m_1}^{m_i} R_{mf} \cdot \frac{I_1^2}{m^2}}{\sum\limits_{m} R_{ms} \cdot \frac{I_1^2}{m^2}} = \tag{9'}$$

$$= \frac{\sum\limits_{m} \frac{R_{ms}}{m^2} - \sum\limits_{m_1}^{m_i} \frac{R_{mf}}{m^2}}{\sum\limits_{m} \frac{R_{ms}}{m^2}}.$$

Prin urmare, în cazul mutatoarelor se poate estima indicatorul de eficiență η_{FA} fără a mai fi necesară cunoașterea sarcinii deformante la bara de racord a CD și FATB.

★

Referindu-ne la pierderile directe de putere activă pe armonicile superioare induse de un consumator deformant în rețea (sistem), s-ar putea obiecta că nu toate puterile active corespunzătoare acestora ar trebui „contabilizate" ca pierderi, întrucît există receptoare care valorifică util asemenea puteri : instalațiile de încălzit electric, iluminatul și altele. Literatura de specialitate [1], [2] arată însă că pierderile suplimentare de energie activă, ocazionate de existența armonicilor superioare de curent și tensiune, sînt *importante* în instalațiile de producere a energiei, *foarte importante* în cele de transport și distribuție a energiei și *puțin importante* la consumatori. Această localizare diferențiată a pierderilor directe de putere (energie) activă în elementele sistemului electric provine din situația lor diferită în ceea ce privește puterile instalate și parcurgerea lor de către curenții armonici.

Pe de o parte, deci, consumatorii de energie sînt sediul unor pierderi puțin importante, pe de altă parte, ponderea receptoarelor care valorifică puterea activă primită pe armonici este redusă, iar impedanțele lor, avînd valori ridicate (corespunzătoare puterilor mici instalate), primesc curenți armonici în cantități neglijabile față de alte categorii mult mai importante de receptoare, care absorb puterile active pe armonicile superioare, pentru a le pierde (acționările în curent alternativ, toate instalațiile conectate la rețea prin mutatoare etc.). În concluzie deci, puterile active corespunzătoare armonicilor induse în sistem de consumatorii deformanți pot fi considerate, suficient de exact, ca purtătoare ale unor energii active pierdute.

Un exemplu prezentat în continuare va fi edificator, atît pentru modul în care decurge calculul eficienței economice a FA, cît și pentru aprecierea ordinului de mărime, deloc neglijabil, al pierderilor de putere activă pe armonicile superioare produse de consumatorii deformanți.

★

Aplicație

O baterie de filtre trecc-bandă este racordată la o secție de 6 kV a unui combinat metalurgic din țara noastră, pentru tratarea armonicilor superioare de curent generate de redresoare hexafazate și trifazate de mare putere. Schema electrică monofilară a alimentării barelor de 6 kV în configurația normală este reprodusă în figura 3*a*, iar schema electrică de calcul, în figura 3*b*.

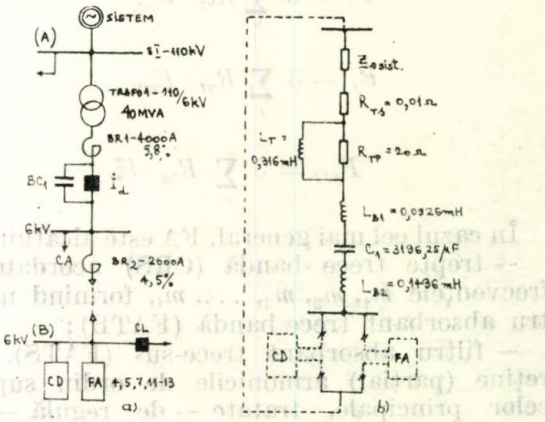


Fig. 3. Alimentarea cu energie electrică a unui consumator deformant prevăzut cu FA : a — schema normală : b — schema de calcul.

Curenții nominali pe armonicile de acord, luați în considerare la proiectare și realizați curînd după punerea în funcțiune, precum și caracteristicile treptelor FA, necesare calculelor de eficiență, au fost centralizate în tabelul 1.

Pentru schema echivalentă de calcul s-au determinat valorile inductanțelor, capacităților și rezistențelor elementelor componente cu expresiile :

$$L_T = \frac{X_T}{\omega_1} = \frac{1}{\omega_1} \cdot \frac{u_{sc}(\%)}{100} \cdot \frac{U^2_{med}}{S_{NT}}, \tag{10}$$

$$R_{TS} \in \left(\frac{U^2_{med}}{110\, S_{NT}}; \frac{U^2_{med}}{90 S_{NT}} \right), \tag{11}$$

Tabelul 1

m*	4	5	7	11/13**	Observaţii
L_m(mH)	6,86	4,39	4,03	0,269	
C_m(μF)	92,32	92,32	51,31	312,5	
R_m(Ω)	0,14	0,13	0,18	0,10/0,13	***
I_{mN}(A)	60	70	50	160/130	

* Ordinul armonicilor tratate s-a notat cu m.

** Pentru tratarea armonicilor 11 şi 13 se foloseşte o singură treaptă, dimensionată corespunzător absorbirii simultane a curenţilor I_{11N}= 160 A şi I_{13N}= 130 A.

*** Întrucît CRS nu sînt prevăzute cu rezistenţe de amortizare în serie cu L_m şi C_m, se iau în considerare rezistenţele naturale ale bobinelor, apreciate la valori uzuale care cresc aproximativ proporţional cu ordinul armonicii filtrate.

$$R_{TP} \in \left(\frac{130U^2_{med}}{S_{NT}} ; \frac{30U^2_{med}}{S_{NT}} \right), \tag{12}$$

$$L_{BR} = \frac{X_{BR}}{\omega_1} = \frac{1}{\omega_1} \cdot \frac{x_{BR}\,(\%)}{100} \cdot \frac{U_{med}}{\sqrt{3} I_{NBR}}, \tag{13}$$

$$C_1 = \frac{10^6}{\omega_1^2 (L_T + L_{BR1})} \cdot (\mu F) \tag{14}$$

Expresiile (10), (13) şi (14) sînt uzuale, iar (11) şi (12) sînt indicate în referinţa [1]. Calculul C_1 ţine seamă de precizarea că BC_1 compensează integral puterile reactive absorbite de fundamentală de trafo 1 şi *BR1* [4]. S-a considerat U_{med} = 6,3 kV — tensiunea medie pe bara B, în raport cu care se determină toate impedanţele schemei.

Impedanţele sistemului, $\underline{Z}_{vsA}$ văzute de la bara (A), au fost extrase din diagrama $\underline{Z}_{sA}(v)$ [4], cu ajutorul unor $\cos\varphi_{vs}$ — medii statistici stabiliţi pe baza unui număr suficient de diagrame polare diferite. În plus, s-a utilizat o cale practică de interpretare a diagramelor $Z_{sA}(v)$, pe baza legăturii care există între acest gen de curbe şi diagramele polare aferente (cu privire la punctele caracteristice).

Raportarea impedanţelor sistemului — respectiv a rezistenţelor şi reactanţelor — la tensiunea barei B (U_{med}=6,3kV) s-a efectuat pe baza relaţiei :

$$Z_{(B)} = \frac{Z_{(A)}}{k_r^2}, \tag{15}$$

în care :

$$k_r = \frac{U_{(A)}}{U_{med(B)}} = \frac{110}{6,3} = 17,46. \tag{16}$$

S-au calculat impedanţele echivalente ale elementelor de legătură între barele (A) — 110 kV şi (B) — 6kV şi s-au însumat, obţinîndu-se $\underline{Z}_{vAB}$. În final s-au adiţionat $\underline{Z}_{vsA}$ şi $\underline{Z}_{vAB}$, rezultînd $\underline{Z}_{vs} = R_{vs} + JX_{vs}$, conţinute în tabelul 2. S-au calculat numai valorile corespunzătoare armonicilor tratate : 4, 5, 7, 11 şi 13.

Tabelul 2 conţine toate elementele necesare determinării indicatorului de eficienţă al FA pe armonicile superioare.

Pe baza datelor obţinute, cu formulele (4), (5) şi (6) se determină pierderile de putere activă :

P_s = 0,24 kW,

P_f = 17,75 kW,

P_{sff} = 174,67 kW.

Rezultă : $P_{ec} = P_{sff} - (P_s + P_f) + 156,68$ kW.

Indicatorul η_{FA} se calculează cu relaţia (1) : η_{FA} = 89,70 %.

★

În referinţa [3] se găsesc datele necesare pentru o altă aplicaţie cu privire la eficienţa economică pe armonicile superioare, realizată de o baterie de filtre asborbante instalate

Tabelul 2

$v = m$*	4	5	7	11	13	Observaţii
I_v(A)	60	70	50	160	130	Date de proiectare
I_{vs}(A)	0	0	0	0	15	Calcule **
I_{vf}(A)	60	70	50	160	116,6	Calcule **
R_{vs}(Ω)	0,543	0,282	0,776	1,342	1,085	Diagrame şi calcule
X_{vs}(Ω)	1,076	1,057	1,759	1,908	2,003	Idem
R_{vf}(Ω)	0,14	0,13	0,18	0,10	0,13	
X_{vf}(Ω)	0	0	0	0	0,3153	Calcule
$3R_{vs}I_v^2$ (kW)	5,86	4,15	5,82	103,83	55,01	
$3R_{vf}I_{vf}^2$	1,51	1,91	1,35	7,68	5,30	
$3R_{vs}I_{vs}^2$	0	0	0	0	0,24	

* Au fost luate în considerare numai armonicile caracteristice tratate, în ipoteza funcţionării CRS respective la parametrii nominali.

În afara acestor armonici s-au manifestat — la valori reduse — şi armonici de ordin $v = 3k$ necaracteristice, datorate imprecizilor de comutaţie a supapelor electronice sau altor receptori deformanţi ; aceste armonici au putut fi neglijate.

** Calculele s-au condus după metodologia stabilită anterior.

la tensiunea de 220 kV în staţia electrică San Dalmazio, care face legătura în c.c. între sistemul electroenergetic continental al Italiei şi insula Sardinia. Dispunîndu-se de schema electrică şi caracteristicile FA, încărcarea cu armonici superioare de curent generate de mutator şi diagramele polare ale impedanţei sistemului electroenergetic „văzută" de pe bara de 220 kV c.a. a staţiei respective, s-a putut aplica cu uşurinţă metodologia prezentată anterior şi s-au obţinut următoarele valori ale pierderilor de putere activă :

$P_s = 2{,}17$ kW,

$P_f = 186{,}05$ kW,

$P_{sff} = 770{,}76$ kW.

Rezultă : $P_{ec} = P_{sff} - (P_s + P_f) = 582{,}54$ kW.

Cu (1) se obţine : $\eta_{FA} = 75{,}58$ %.

Întrucît FA se compune din FATB (5, 7, 11, 13) şi FATS (pentru $\nu > 13$), s-au recalculat pierderile de putere şi indicatorul de eficienţă în ipoteza FA realizat exclusiv ca FATB, deci fără instalarea FATS şi s-a obţinut :

$P'_s = 8{,}40$ kW,

$P'_f = 183{,}65$ kW,

$P'_{sff} = 770{,}76$ kW.

$P'_{ec} = P'_{sff} - (P'_s + P'_f) = 578{,}72$ kW $< P_{ec} = 582{,}54$ kW.

$\eta'_{FA} = 75{,}08\,\% < \eta_{FA} = 75{,}58$ %.

Se constată deci că economia de energie realizată prin montarea FATS nu este semnificativă, în schimb, necesitatea FATS se poate justifica tehnic (reducerea conţinutului de armonici înalte).

★

Comparînd acest exemplu prezentat sumar cu rezultatele aplicaţiei anterioare, se constată că FA din cazul aplicaţiei realizează o eficienţă economică pe armonici, superioară ; explicaţia consistă în absenţa rezistenţelor de amortizare din treptele de filtrare, în acest caz. Pierderile în filtru scad, însă apare dezavantajul expunerii condensatoarelor acestuia la efectele circuitelor rezonante parazite care se pot forma accidental, precum şi la supraîncărcarea cu curenţi de armonici superioare, proveniţi de la alte surse, neluate în considerare iniţial (spre exemplu, sursele din sistem). Asemenea evenimente de exploatare au condus, în principal, la defectarea condensatoarelor FA şi la scoaterea din funcţiune, pe o perioadă îndelungată, a echipamentului de filtrare şi compensare [4], [5]. Între dezavantajele unei astfel de stări de lucruri, apare ca important şi efectul economic negativ al pierderilor unei puteri de ordinul a 150 kW, disipată pe armonicile superioare introduse în reţea.

Concluzii

Energia economisită pe armonicile superioar
de către filtrele absorbante de armonici poate f
estimată cu metode accesibile, dispunînd d
diagrame polare ale impedanţei echivalente
sistemului (reţelei), văzută de la bara de racor
a filtrelor.

În scopul obţinerii unor rezultate cît ma
apropiate de realitate, calculele trebuie efec
tuate pentru regimuri diferite de exploatare
FA, CD şi sistemului.

Energia economisită pe armonici se ridică l
valori considerabile şi trebuie introdusă î
toate calculele tehnico-economice ocazionate d
proiectarea şi exploatarea echipamentelor d
filtrare şi compensare, alături de energia eco
nomisită prin compensarea puterii reactive

Bibliografie

[1] Meynaud, P., Bergeal, Y., Heikkila, H. Kendall, P. , Pilegaard, M., Robert, A. Waldmann, E. *Harmonics, characteristic parameters methods of study, estimates of existing values in the net work*. CIGRE, Electra nr. 77, iulie 1981, p. 35—54.

[2] Popescu, M. *Evaluarea nivelului şi efectului armoni cilor în staţii cu consumatori deformanţi, în vederea stabi lirii posibilităţilor de montare a bateriilor de condensa toare şi racordării de consumatori de regim deformant* In : Generalizarea experienţei de exploatare, vol. 198 ed. ICEMENERG, 1983, Bucureşti.

[3] Ilicetto, F., Ainsworth, J. D., Goodrich F. G. *Quelques aspects de conception de filtres d'harmo niques pour lignes de transport* a H. T. CIGRE, 1964 Raport 405.

[4] * * * *Efectuarea şi analiza unor măsurători legate d alimentarea cu energie electrică a CGS în perioad 1967/1968*. ISPE — Bucureşti — lucrarea nr. 191/1968

[5] * * * *Analiza situaţiei energetice şi a regimului defor mant, inclusiv comportarea filtrelor din dotare, la cîţiv consumatori tipici*. Studiu ISPE, Bucureşti, 1976.

[6] Antoniu, I. S., Mihăileanu, C. *O chestiun de prioritate*. In : Energetica, 32, nr. 1, ian. 1984.

[7] Iordănescu, I. *Compensarea factorului de puter şi atenuarea regimului deformant, acţiuni interdependent în sistemele energetice moderne*. In : Energetica, 28 nr. 8, 1980.

((Primit la 23 iunie 1983, acceptat la 19 iulie 1983)

Aspecte ale problematicii sistemelor electroenergetice. Situația actuală. Perspective

Dr. ing. Eugeniu Pavel, dr. ing. Victor Romert*

Marile sisteme electroenergetice au împlinit îteva zeci de ani de existență, timp în care -a acumulat o experiență practică de exploare și în care s-au pus bazele unor concepte și le unor metode de analiză și de conducere care ind să fie unificate și generalizate pe plan ıternațional. O trecere în revistă a literaturii e specialitate arată că, în general, specialiștii -au pus de acord asupra principalelor probleme eoretice și practice ale sistemelor electroeneretice. Există un acord general asupra clasifiării sarcinilor conducerii prin dispecer, după riteriul orizontului temporal. Se consideră că înt trei categorii de sarcini :

— cele privind conducerea operativă directă, e care o efectuează inginerul de tură în timp eal, ajutat de o automatică adecvată, de calulatoare, precum și de munca specialiștilor în naliza, studiul și cercetarea regimurilor ;

— cele referitoare la programarea funcțioării sistemului la termene apropiate ;

— cele care vizează obiective cu termene mai ıdepărtate și cicluri de funcționare de durată ıare, probleme de prognoză și planificare.

De asemenea, există un acord asupra obiecivelor principale ale activității de conducere a istemelor electroenergetice : minimizarea cosurilor sau a consumului de energie primară, sigurarea continuității funcționării sistemului, biective la care se adaugă, în ultimul timp vitarea poluării mediului înconjurător.

Se admite că sistemul electroenergetic poate modelat cu ajutorul unei triplete de seturi e ecuații : setul de noduri generatoare și consuıatoare (N), setul de legături (linii) care leagă odurile între ele (L), setul de strategii, care sigură funcționarea seturilor N și L. Cele mai ıulte dintre nodurile generatoare reprezintă entrale cu generatoare sincrone cu puteri oncentrate de valori mari. Majoritatea noduilor consumatoare se caracterizează prin conıumuri descentralizate de energie, iar cererile e putere au caracter aleator. Rețeaua de legături este împărțită în două : sistemul de linii e transport la distanțe mari și sistemul de istribuție pentru consumul zonal sau local.

În articolul de față se încearcă o prezentare ıccintă a nivelului atins în lume și în țara noastră, în problemele conducerii sistemelor electroenergetice.

★

În grupa sarcinilor care privesc conducerea operativă directă „în timp real" ordinul de mărime al timpului de acțiune este între cîteva fracțiuni de secundă și cîteva ore. Astfel, acționarea automată se realizează în unele cazuri în fracțiuni de secundă. Acțiunile dispecerului de tură, de exemplu pentru cazurile de menținere și îmbunătățire a stabilității statice și dinamice, precum și acțiunile necesare pentru revenirea de la o stare critică la o stare normală, au nevoie de timp, care depinde atît de capacitatea fiziologică și intelectuală a operatorului, cît și de dotarea tehnică a punctului de comandă.

Sarcinile referitoare la programarea în termene apropiate a funcționării sistemului se referă la :

— prognozarea consumurilor de putere activă și reactivă ;

— prognozarea debitelor rîurilor ;

— programarea curentă a reparațiilor și a rezervelor ;

— optimizarea funcționării sistemului ;

— analize de stabilitate statică și dinamică ; determinarea limitelor de putere în secțiunile importante ale rețelei.

Sarcinile cu termene mai îndepărtate sînt considerate :

— planificarea aprovizionării cu combustibil ;

— planificarea producției și a opririlor agregatelor pentru reparații, ținînd seama de ciclicitățile multianuale ale reparațiilor capitale, reparațiilor curente și reviziilor periodice.

O serie de sarcini se referă la obiective foarte îndepărtate cu orizonturi de 5 pînă la 20 ani, ca de exemplu :

— prognozarea și planificarea realizării și punerii în funcțiune a noilor surse de energie ;

— prognozarea și planificarea combustibilului pentru un orizont mai îndepărtat ;

— studierea și planificarea realizării rețelelor de transport și distribuție :

Sarcinile din ultima grupă se realizează în corelare cu studiile, cercetările și deciziile care se fac și se iau la nivelul economiei naționale, ținînd cont și de conjuncturile internaționale probabile.

* Dr. ing. Eugeniu Pavel — I.C.C.E., dr. ing. Victor omert — DEN.

Sistemul electroenergetic funcționează în cadrul unor limite restrictive mai mult sau mai puțin obiective. Principalele restricții se referă la limitele puterilor utilizabile ale grupurilor generatoare, limitele puterilor transportate pe linii, restricții de combustibil, de poluare etc. Funcționarea sistemelor electroenergetice se caracterizează prin stări, dintre care distingem :

— starea normală ;
— starea critică ;
— starea de restabilire.

În stare normală, sistemul funcționează în cadrul restricțiilor impuse, nedepășindu-se nici una din limite. Sistemul este în stare critică atunci cînd s-au produs abateri importante față de limitele restrictive. Starea de restabilire se caracterizează prin restricțiile suplimentare, necesare pentru readucerea sistemului în stare normală. Starea normală, la rîndul ei, poate fi de două feluri : stare normală sigură și stare normală nesigură. Trecerea de la starea normală la starea critică se poate produce în cazul în care sistemul se găsește în zona nesigură a stării normale, la limita stabilității. De aici rezultă importanța cunoașterii stării normale nesigure și luarea măsurilor preventive pentru trecerea din zona nesigură în zona sigură. Pentru definirea siguranței în literatura tehnică americană [2, 3] se utilizează conceptul de contingență ; acesta se definește ca fiind un deranjament posibil și imaginabil, care poate apărea în sistemul electroenergetic respectiv. Setul de contingențe este o colecție de astfel de deranjamente imaginate. Starea normală sigură este definită ca acea stare normală a sistemului în care nici una din contingențe nu ar putea să conducă la trecerea sistemului în stare critică. S-a încercat și asocierea unui sistem de măsură pentru evaluarea acestor stări. Unii autori au adoptat o metrică binară : stare sigură și stare nesigură. Unul dintre conceptele propuse este denumit „dynamic security metric" (DSM). Se spune că DSM = 1 dacă starea sistemului este sigură. A evalua DSM înseamnă a calcula răspunsul tranzitoriu al sistemului la fiecare din elementele setului de contingențe și a verifica faptul că limitele nu sînt depășite.

O altă noțiune folosită este cunoscută sub denumirea de „static security metric" (SSM). Evaluarea SSM implică examinarea stărilor limită prin care se poate trece de la starea normală la starea critică. Dacă toate contingențele nu conduc la o astfel de situație, SSM = 1. Se mai practică indicatorul „satefy margin security metric" (SMSM) cu ajutorul căruia se evaluează limitele unor mărimi care, dacă nu sînt depășite, constituie o garanție pentru menținerea stării normale. Astfel de mărimi pot fi : rezerva turnantă, rezerva rece rapidă, unghiurile tensiunilor din noduri, unghiurile căderilor de tensiune de pe liniile electrice etc. Dacă la nici una din aceste mărimi nu sînt încălcate limitele, se spune că SMSM = 1. Pînă în prezent, indicatorul DSM se folosește numai în studii off-line. SSM, dar în special SMSM se folosesc și în timp real. Desigur, DSM = 1 ar fi cea mai bună indicație că sistemul este în stare normală sigură. Totuși, și acest criteriu are o serie de imperfecțiuni, ca de exemplu : imposibilitatea ca setul de contingențe să cuprindă toate cazurile posibile, insuficienta precizie a calculelor răspunsurilor tranzitorii din cauza aproximațiilor și lipsei de precizie a datelor modelului dinamic. Evaluarea indicatorului necesită un timp mare de calcul ; dacă însă am avea în vedere în calcul și probabilitatea apariției fiecărei contingențe, calculele ar deveni prohibitive. În practica S.U.A. se folosește în special indicatorul SMSM ; se verifică —on line— dacă variabilele se găsesc în limitele admisibile. Separat, se identifică contingențele posibile și se controlează la intervale de 15—20 minute dacă indicatorul SSM este egal cu 1. Bineînțeles, se urmărește aducerea și menținerea sistemului în stare normală sigură. În această stare, stabilirea puterilor active și reactive pe centrale se face pe baza criteriilor repartiției optime a sarcinii și reglajului tensiunii, avîndu-se în vedere restricțiile de exploatare, precum și cele de strategie (politica de combustibil etc.).

Aprecierea și analiza stărilor de funcționare a sistemelor implică modelarea prin reprezentarea „cît mai exactă" a realității. Exactitatea modelării este limitată, în primul rînd, de posibilitatea practică de identificare și determinare a datelor caracteristice ale structurii sistemului, iar în al doilea rînd, de necesitatea de a face simplificări de calcule. În actualele sisteme electroenergetice au devenit tipice modelele de structură cu un număr de noduri de ordinul 1000, cu un număr de generatoare de ordinul 100. Conductanțele liniilor sînt neglijabile în raport cu reactanțele, diferențele de fază între capetele unei linii depășesc rar 20° iar modulele tensiunilor din noduri deviază rar cu mai mult de 10% din valorile nominale [2]. În aceste condiții se justifică folosirea metodelor „cu decuplare", care simplifică mult calculele fără a mări îngrijorător erorile.

Variabilele care pot fi comandate în timp real sînt [1, 2] :

— tensiunea și puterea activă produsă de fiecare generator independent, unul sau mai multe generatoare din sistem trebuie însă considerate ca fiind regulatoare de frecvență, deci dependente de balanța puterilor din sistem ;
— unghiurile de fază ale unor trasformatoare cu reglaj de unghi ;

— raporturile de transformare ale transformatoarelor cu reglaj;
— valorile admitanţelor la reactoarele şi capacitoarele variabile;
— poziţiile întrerupătoarelor de reţea.

Ultima categorie de variabile (poziţiile întrerupătoarelor) produce schimbări discrete importante în fluxul de puteri şi ca urmare se foloseşte cu prioritate la constituirea contingenţelor [8].

Dacă am împărţi variabilele în cele trei grupe:

U — setul de variabile de decizie;
Z — setul de date de intrare (variabile exogene);
X — mulţimea celorlalte variabile dependente;

am obţine următoarea clasificare:

$$U = \{V_i, \theta_i, V_j, P_{gj}, W/i \in A, j \in B\}$$

$$Z = \{P_{lk}, Q_{ek}, P_{tm}, Q_{tm}, Y/k \in C, m \in D\}$$

$$X = \{P_{gi}, Q_{gi}, \theta_j, Q_{gj}, V_k, \theta_k/i \in A, j \in B, k \in C\}$$

unde:

A reprezintă setul de noduri la care sînt cuplate generatoare reglante;
B — setul de noduri cu generatoare independente;
C — setul de noduri cu sarcini;
D — noduri la care sînt legate linii de interconexiune;
W — setul de admitanţe reglabile ale laturilor reţelei (transformatoare de fază);
Y — admitanţele fixe ale reţelei.

În cazurile uzuale, sarcinile sînt considerate ca variabile exogene asupra cărora nu se poate acţiona. Totuşi, în cazurile în care este permis şi practicat reglajul sarcinii, aceste variabile trec în setul de variabile de decizie. Cele mai multe variabile de decizie sînt legate de generatoare. Variabilele din grupa W sînt puţine, deoarece, în general, în sistemele electroenergetice elementele de reglaj în laturile reţelelor sînt rare din cauza complicaţiilor tehnice şi de realizare tehnologică.

★

Problema funcţionării economice a sistemelor electroenergetice este rezolvată de specialiştii din diferite ţări aproape cu identitate de păreri şi de metodă. Problema se rezolvă „decuplat". Sistemele de ecuaţie cu variabilele $Q-V$ sînt folosite pentru:

— minimizarea consumurilor tehnologice din reţele;
— impunerea limitelor de tensiune la noduri;
— impunerea limitelor de putere reactivă pe laturi.

Sistemele de ecuaţii cu variabilele $P-\theta$ se folosesc pentru:

— minimizarea costurilor din ansamblul centralelor prin repartiţia optimă a sarcinilor;
— impunerea limitelor de putere activă pe laturi;
— modelarea pierderilor de putere în linii;
— impunerea limitelor de decalaje unghiulare în laturi.

Soluţia optimă pentru minimizarea în ansamblu a costurilor dintr-un sistem electroenergetic, trebuie să satisfacă relaţia cunoscută [1, 2]:

$$\left[1 - \left(\frac{\partial P_p}{\partial P_i}\right)\right] \frac{dC_i}{dP_i} = \lambda,\ i \in G,$$

p fiind pierderi în reţele.

Mărimea din paranteze este denumită factor de penalizare pentru generatorul i. Calculul factorului de penalizare se face, în cele mai multe cazuri, cu formula „coeficienţilor B", care reprezintă influenţa pierderilor (consumului tehnologic) în reţele aproximate prin expresia cuadratică:

$$\Sigma_{ij} B_{ij} P_i P_j.$$

Metoda este aplicată şi în timp real, cu calculul factorului de penalizare la intervale de 15—30 minute, cu excepţia perioadelor cînd schimbările de sarcină sînt foarte rapide, în care caz calculul se face mai des. În literatura de specialitate americană se prezintă şi alte metode mai simplificate de calcul, care însă nu se aplică în practică din cauza creşterii erorilor, mai ales în cazurile variaţiilor mari ale variabilelor de decizie.

★

Siguranţa funcţionării sistemului electroenergetic rămîne în continuare problema cea mai delicată, cea mai discutată, în care nu s-a ajuns la o convergenţă de păreri pînă în prezent. Preocupările mai noi reflectă, pe de o parte, tendinţa de a găsi modele cît mai adecvate pentru analizele de sistem, pe de altă parte, căutările pentru găsirea dispozitivelor care să prevină sau să limiteze întreruperile în funcţionarea marilor sisteme electroenergetice. În primul rînd se pune problema identificării parametrilor componentelor sistemului pentru simulări dinamice [9]. Rezolvarea acestei probleme este dificilă şi necesită încercări şi cercetări complexe; la centralele electrice de exemplu, identificarea se referă nu numai la partea electrică propriu-zisă, ci şi la celelalte părţi (turbine, cazane, inclusiv reglajele aferente, hidrogeneratoare etc.). Numărul mare de date, de variabile şi de ecuaţii care rezultă în cazul sistemelor mari face problema dificilă. De aceea se caută simplificarea modelelor cu ajutorul unor echivalenţi. Literatura americană scoate în evidenţă avantajele echivalenţilor REI—DIMO, metodă românească, pe care Tinney a introdus-o în practica de calcul americană încă din 1977 şi care are în prezent

largi aplicaţii [2, 4, 7] *. În ultimul timp există tendinţa de a se împrumuta din metodele automaticii identificarea şi estimarea parametrilor şi stărilor. Această metodă va folosi pentru modelarea subsistemelor pe baza cunoaşterii mărimilor de intrare şi a celor de ieşire, precum şi a comportării acestora la diferite funcţii de intrare [10]. Modelarea sistemului electroenergetic pentru analiza siguranţei nu se opreşte la aceste operaţii. Topologia şi estimarea stării sistemului depind de variabilele discutate mai sus, în special de poziţiile întrerupătoarelor. De aceea, primul pas în analiza „on line" este măsurarea şi filtrarea datelor. Obţinerea datelor „credibile" se face prin operaţia de filtrare, care foloseşte fie redondanţa pentru confruntarea datelor, fie verificările logice. În exploatare, deseori se întîmplă ca unele informaţii să lipsească, sau să fie transmise cu erori mari din motive diferite, dintre care cele mai frecvente sînt defecţiunile aparatajului de măsură şi ale sistemului de trasmitere a datelor. Ca urmare, estimarea stării apare ca un procedeu matematic pentru calcularea „celei mai bune modelări" a stării sistemului, pe baza datelor disponibile. Procedeul face uz de calculul probabilităţilor şi al erorilor. Pentru aceasta este necesar ca numărul de mărimi măsurate să fie mai mare decît numărul variabilelor de stare. Se realizează o redondanţă care este preferabil să fie cît mai uniform distribuită, în toată reţeaua sistemului.

Una din problemele deosebite care se pun în legătură cu modelarea sistemelor electroenergetice este aceea a evaluării datelor şi elementelor „exterioare". Sistemele electroenergetice s-au dezvoltat şi s-au interconectat în aşa măsură încît sistemele naţionale au devenit părţi ale unor sisteme foarte ample. Evaluarea contingenţelor depinde de întregul sistem interconectat şi nu numai de reţeaua „internă". Şi în acest caz se apelează la echivalenţi construiţi pe baza datelor de graniţă. În S.U.A. specialiştii sînt într-o continuă căutare. Metoda echivalenţilor REI—DIMO poate înlocui, în cazul echivalenţilor externi, metodele folosite în mod obişnuit în calcule, ca, de exemplu, pe cele ale echivalenţilor WARD [2,4, 7].

Prevenirea perturbaţiilor în funcţionarea sistemelor electroenergetice constituie scopul cercetărilor din acest domeniu. Noţiunea de avarie folosită în cazul sistemelor electroenergetice nu este adecvată, dearece de fapt are loc o ieşire din starea normală de funcţionare cu consecinţa întreruperii parţiale sau totale a alimentării consumatorilor. O categorie importantă de cercetări se referă la dispozitivele necesare prevenirii perturbaţiilor. Astfel de dispozitive trebuie să sesizeze stările normale nesigure, să prevină automat, sau să acţioneze automat, în cazul trecerii sistemului în starea critică, pentru trecerea din nou în stare normală sau pentru limitarea întreruperilor la zone cît mai restrînse. Criteriile care să stea la baza concepţiei unor astfel de dispozitive sînt obiectul unor cercetări foarte ample şi pînă în prezent nu s-a ajuns la o unanimitate de păreri. În ţările ale căror organizaţii energetice fac parte din UCPTE (Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Électricité) măsurile luate se referă la automatizări pentru descărcarea automată a sarcinii, pentru separări de zone, pentru insularizări de grupuri etc. [11]. Principalul criteriu folosit pînă în prezent în unele din aceste ţări (de exemplu în Franţa) pentru detectarea şi prevenirea instabilităţii este măsurarea oscilaţiilor de tensiune în anumite noduri ale sistemului. Bineînţeles, este vorba de dispozitive complexe care măsoară amplitudinile, sesizează tendinţa lor de creştere sau de scădere, numără oscilaţiile etc., după care, prin interpretarea rezultatelor, se trage — automat — concluzia dacă sistemul electroenergetic este sau nu într-o stare normală nesigură. Se pare că acest criteriu a întîmpinat dificultăţi practice fiind în multe cazuri pesimist şi ca urmare specialiştii sînt pe cale să-l înlocuiască în bună măsură cu alte criterii mai complicate. În U.R.S.S., în unele sisteme, se folosesc în acelaşi scop, oscilaţiile de putere sau de unghi de defazare a tensiunilor între nodurile unor linii lungi. Un raport interesant a fost prezentat la sesiunea din septembrie 1982 a CIGRE, [12], din care rezultă principalele măsuri luate în sistemul electroenergetic interconectat din Japonia. Reţeaua principală este alungită de-a lungul marilor insule : Hokkaido, Honshu, Shikoku şi Kyushu, totalizînd circa 2000 km. Din motive istorice şi geografice, această reţea este compusă din linii de c.a. de 60 Hz şi de 50 Hz, precum şi din tronsoane de linii în c.c. În aceste linii se folosesc tensiuni de 500 kV, precum şi de 187—275 kV. Reţelele sînt administrate şi gestionate de 8 întreprinderi particulare şi din această cauză tratarea problemelor tehnice nu s-a făcut în mod unitar. Totuşi, pentru creşterea siguranţei în funcţionare, pe arterele principale s-a luat măsura ca acestea să fie construite cel puţin cu dublu circuit; staţiile au două sisteme de bare cu patru secţiuni, folosindu-se scheme cu un întrerupător şi jumătate; întrerupătoarele folosite sînt de mare putere de rupere (peste 50 kA) şi cu timp de declanşare de 30—40 ms. Automatica folosită pentru siguranţa sistemului diferă de la întreprindere la întreprindere. În unele din acestea, reţelele sînt dotate cu calculatoare de proces cu ajutorul cărora se prelucrează datele primite, se detectează fenomenele de pierdere de sincronism prin măsurări eşantionate ale tensiunilor şi ale curenţilor, iar pe

* Articolele din referinţele citate au la rîndul lor un număr important de referinţe, accesibile în mare parte în bibliotecile româneşti.

liniile care transportă puteri mari și pe care există riscul oscilațiilor se supraveghează modificările de tranzit și se detectează oscilațiile de putere, clasificîndu-le după amplitudine și după forma înfășurătoarelor. Calculatorul de proces analizează toate aceste elemente, după care, în caz de necesitate, elaborează ordine rapide (de exemplu : declanșarea unui grup, deschiderea unei bucle, insularizarea etc.).

Cercetările, studiile și soluțiile realizate pînă în prezent nu pot fi considerate ca fiind încheiate și suficiente, ținînd seama de complexitatea problemelor sistemelor. Acest fapt este confirmat și de o relativ recentă anchetă efectuată în S.U.A. de către un grup de lucru al organizației IEEE, în legătură cu cercetările care mai sînt necesare pentru rezolvarea problemelor sistemelor electroenergetice [13]. Au fost discutate peste 12 categorii de probleme, din care subliniem : problemele stării normale a sistemului, problemele stărilor critice, precum și cele ale stării de revenire. În cadrul acestor probleme, peste 90% din cei chestionați au fost de acord că programele de evaluare a stării sistemului au tehnici devenite inadecvate pentru selectarea contingențelor care să fie testate. De asemenea, peste 94% din cei interogați au fost de acord că pentru starea critică sînt necesare programe mai simple și mai rapide pentru evaluarea tendințelor de dezvoltare a perturbațiilor. Și pentru starea de revenire se cere o tehnică de evaluare rapidă a situației sistemului, mai ales că riscul unei recăderi a sistemului este foarte mare. Trecerea în revistă a situației problematicii sistemelor electroenergetice scoate în evidență necesitatea întocmirii unor programe de cercetare, care să aibă în vedere multiplele aspecte ale conducerii și exploatării sistemelor. Într-un articol viitor vom trece în revistă și situația problemelor sistemului electroenergetic românesc, care beneficiază de o experiență de exploatare destul de bogată.

Bibliografie

[1] Venikov, V. A. și alții. *Cybernetics in Electric Power Systems.* Ed. Mir Publishers Moscow 1978.

[2] Talukdar, S. N., Wu, F. F. *Computer-Aided Dispatch for Electric Power Systems.* In : Proceedings of the IEE, nr. 10, oct. 1981.

[3] Dy Liacco, T. E. și alții. *An on-line topological equivalent of a Power System.* In : IEEE Trans. on PAS, vol. 97, sep/oct. 1978.

[4] Dimo, P. *Nodal analysis of Power Systems.* Ed. Abacus Press, London, 1975.

[5] Pavel, E. *Elemente de analiză modernă a sistemelor electroenergetice interconectate.* Ed. Tehnică, București, 1978.

[6] Ward, J. B. *Equivalent circuits for power flow srudies.* In : AIEE Trans. on PAS, vol. 68, 1949.

[7] Dopazo, I. F. și alții. *Real-time external system equivalent for on-line contingency analysis.* Referat IEEE prezentat la Los Angeles — Summer Power Meeting, iulie 1978.

[8] Albuyeh, F. și alții. *Reactive power considerations in automatic contingency selection.* In : IEEE Trans. on PAS, nr. 1, ian. 1982.

[9] Dwarakanath, M. H. și alții. *A generalized methodology for modeling system components in power system dynamics simulation.* In : IEEE Trans. on PAS nr. 1 ian. 1982.

[10] Eykhoff, P. *Identificarea sistemelor.* Traducere din limba engleză. Ed. Tehnică, București, 1977.

[11] * * * *Rapport annuel de l'UCPTE 1982—1983.*

[12] Matuoka, S. și alții. *Système de protection destiné à eviter l'extension d'une perturbation dans les réseaux puissants.* Rapp. CIGRE nr. 34—03 Session de 1982, 1—9 sept.

[13] * * * *Survey report on current operational problems.* In : IEEE Trans. on PAS, nr. 5, mai 1981.

(Primit la 11 iunie 1984, acceptat la 20 iulie 1984)

Valorificarea potențialului hidroenergetic

Soluții de îmbunătățire și modernizare a echipamentelor din centralele hidroelectrice echipate cu turbine Francis

Ing. Ion Popescu, ing. Nicolae Sinerăian*

În funcționarea echipamentelor principale din centrala hidroelectrică Mărișelu au apărut, în decursul celor 6 ani de exploatare, diverse probleme care au fost rezolvate de către specialiștii Întreprinderii Electrocentrale Cluj-Napoca, în colaborare cu proiectanții de specialitate de la CCSITEH Reșița și specialiștii uzinei furnizoare ICM Reșița.

În continuare prezentăm cîteva asemenea probleme, mai semnificative :

1. În funcționarea turbinelor Francis, avînd puterea de 85 MW la o cădere de 470 m și un debit de 20,1 m^3/s, au apărut, la aparatul director pe suprafețele de curgere a inelului inferior și capacului turbinei, urme accentuate de uzură cavitațională, precum și uzuri locale pronunțate în zonele de contact cu suprafețele flancurilor superioare ale paletelor.

Cauza : Fenomenul de uzură cavitațională a fost analizat de Institutul Politehnic din Timișoara și s-a concluzionat că materialul utilizat nu este rezistent la fenomene de cavitație.

Analiza uzurilor locale a evidențiat un fenomen de gripaj datorat unei forțe ascensionale rezultate din următoarele cauze :

a) în scopul asigurării ungerii automate la fusul inferior al paletei, acesta era conceput

* Ion Popescu este inginer proiectant în cadrul IE Cluj-Napoca ; ing. Nicolae Sîncrăian lucrează la aceeași întreprindere.

să funcţioneze într-o casetă închisă. Pierderile de apă de la garnitura de etanşare a fusului inferior fac ca, în timp, presiunea în această casetă să se ridice pînă la presiunea din aparatul director (circa 42 atm), creînd o forţă ascensională proporţională cu suprafaţa fusului. La această forţă se adaugă forţa creată de presiunea intermitentă creată de staţia de ungere cu unsoare consistentă;

b) fusul inferior al paletei prin concepţie era mai mic în diametru decît fusul superior, astfel încît apărea o forţă ascensională proporţională cu diferenţa suprafeţelor secţiunilor transversale ale fusurilor.

Soluţia de remediere. Pentru eliminarea uzurii cavitaţionale s-a procedat la acoperirea suprafeţelor de curgere cu material rezistent la cavitaţie prin încărcarea cu sudură electrică, utilizînd electrozi de tipul 25 Cr. 20 Ni, şi prelucrarea la ICM Reşiţa la cotele nominale, cu asigurarea unei suprafeţe continui, cu gradul de finisare solicitat în documentaţia iniţială (fig. 1).

Pentru eliminarea forţelor ascensionale s-a modificat soluţia constructivă a lagărului inferior al paletei. S-au decupat capacele la partea inferioară, punîndu-se fusul în legătură directă cu atmosfera. S-au înlocuit bucşele de bronz cu bucşe din oţel acoperite pe zona de lucru cu peliculă antifricţională din poliamidă. Porţiunea superioară a fusului inferior a fost îngroşată pînă la diametrul echivalent cu fusul superior al paletei. Pentru asigurarea unei poziţii de lucru ferme în timpul funcţionării, la partea superioară a paletei s-a realizat un contralagăr, al cărui joc este mai mic decît jocul între suprafeţele paletei şi capacele turbinei. Ca material antifricţiune la aceste contralagăre s-a folosit bronzul prin depunere cu sudură cu electrozi OK 94.25 (vezi fig. 1).

2. În scopul protejării turbinelor Francis de la UHE Mărişelu, este montată, la intrarea în turbină, o vană sferică, avînd diametrul de curgere de 1 600 mm. Etanşarea obturatorului în poziţie închis se face prin inel mobil comandat cu ajutorul apei din conducta forţată. Rotirea obturatorului se face cu servomotoare hidraulice, avînd ca agent de lucru de asemenea apa din conducta forţată.

În funcţionare s-a produs griparea inelului mobil cu obturatorul, producînd deteriorarea suprafeţelor de etanşare.

Cauza. Conform schemei vechi de acţionare (fig. 2) comanda retragerii inelului mobil se face printr-un distribuitor hidraulic comandat mecanic de braţul vanei. Această deschidere se făcea cu întîrziere, fapt ce producea frecarea suprafeţelor de etanşare.

Soluţia de remediere. S-a conceput o nouă schemă de acţionare (fig. 3), care să asigure o

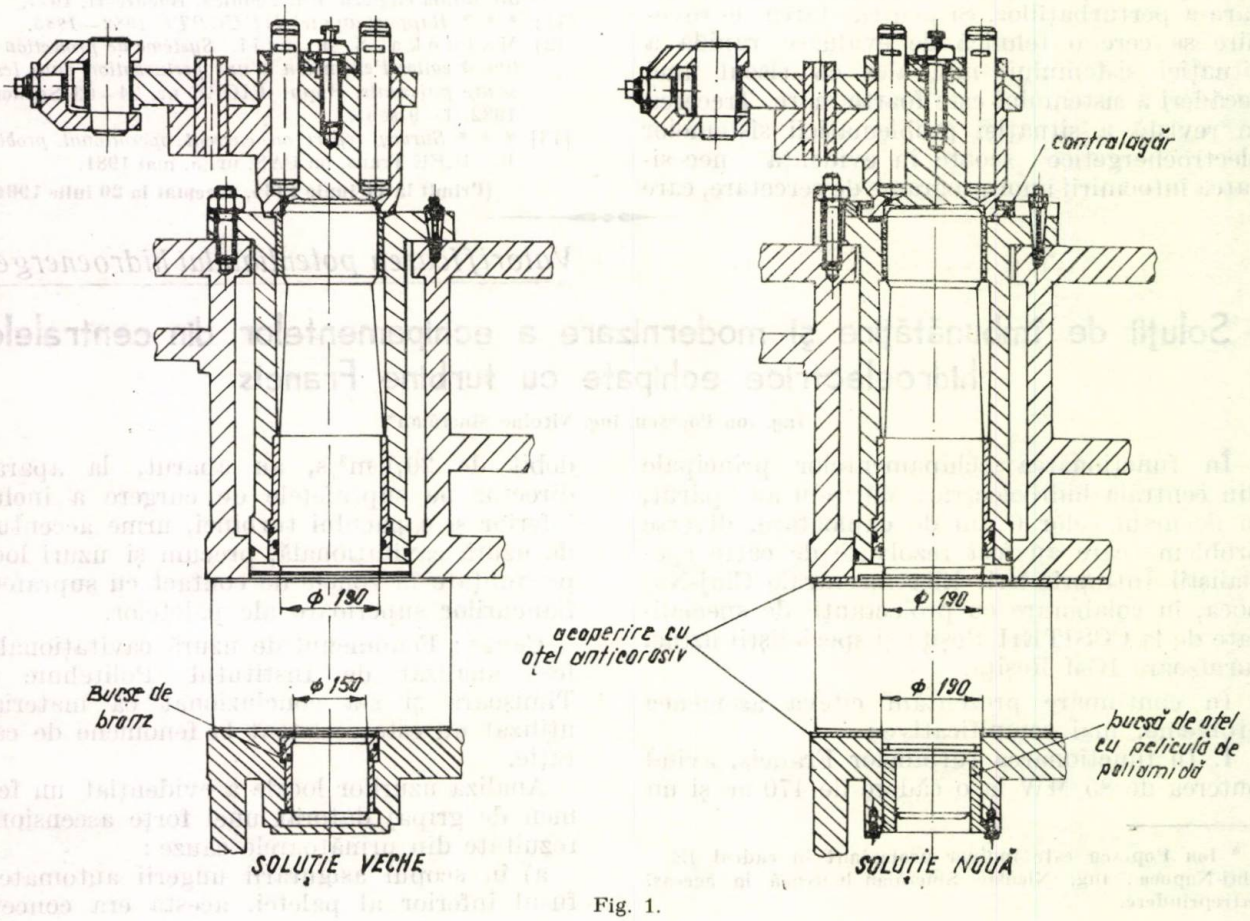


Fig. 1.

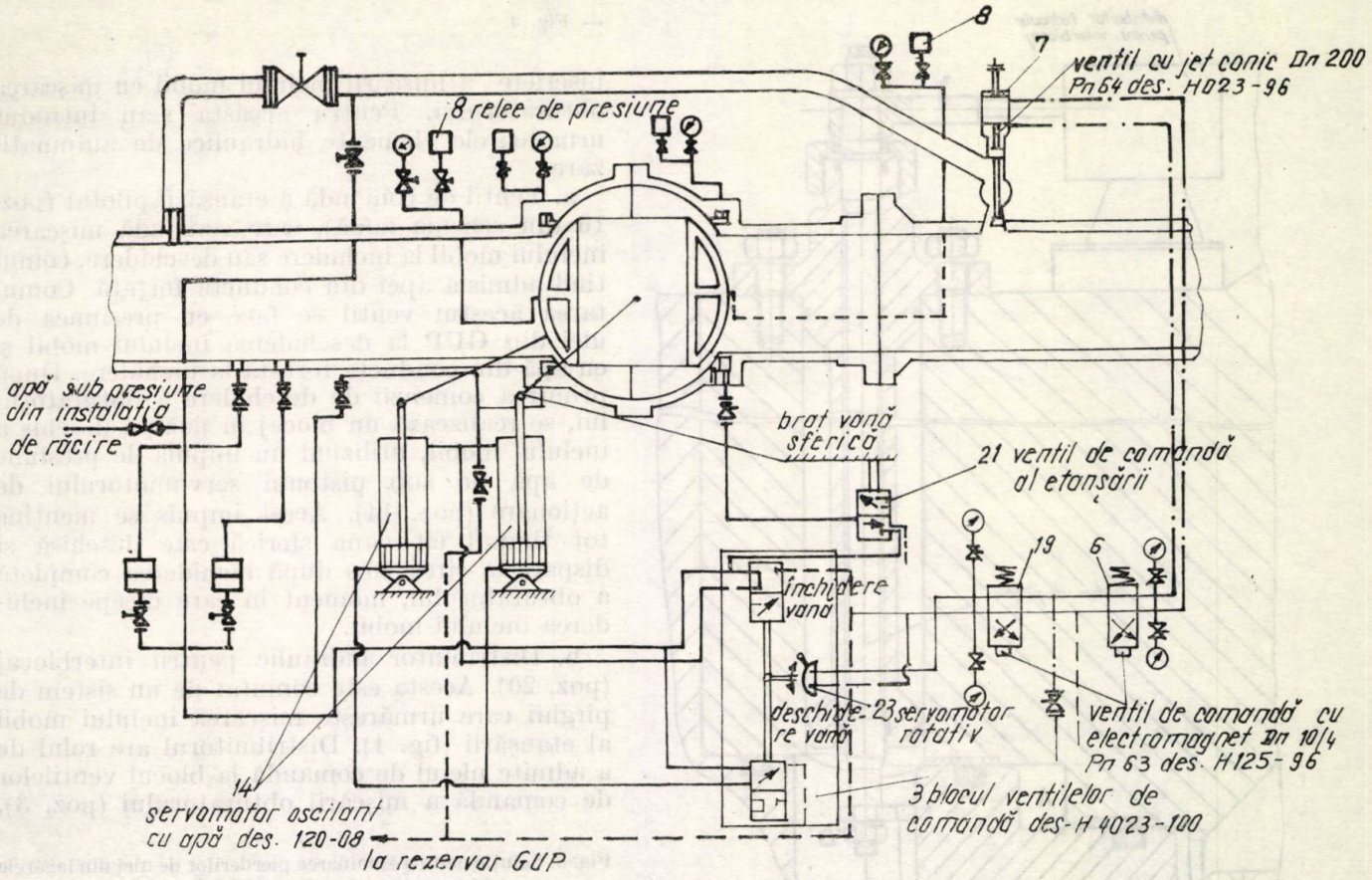


Fig. 2. Circuitul acționării vanei sferice VS 160—640.

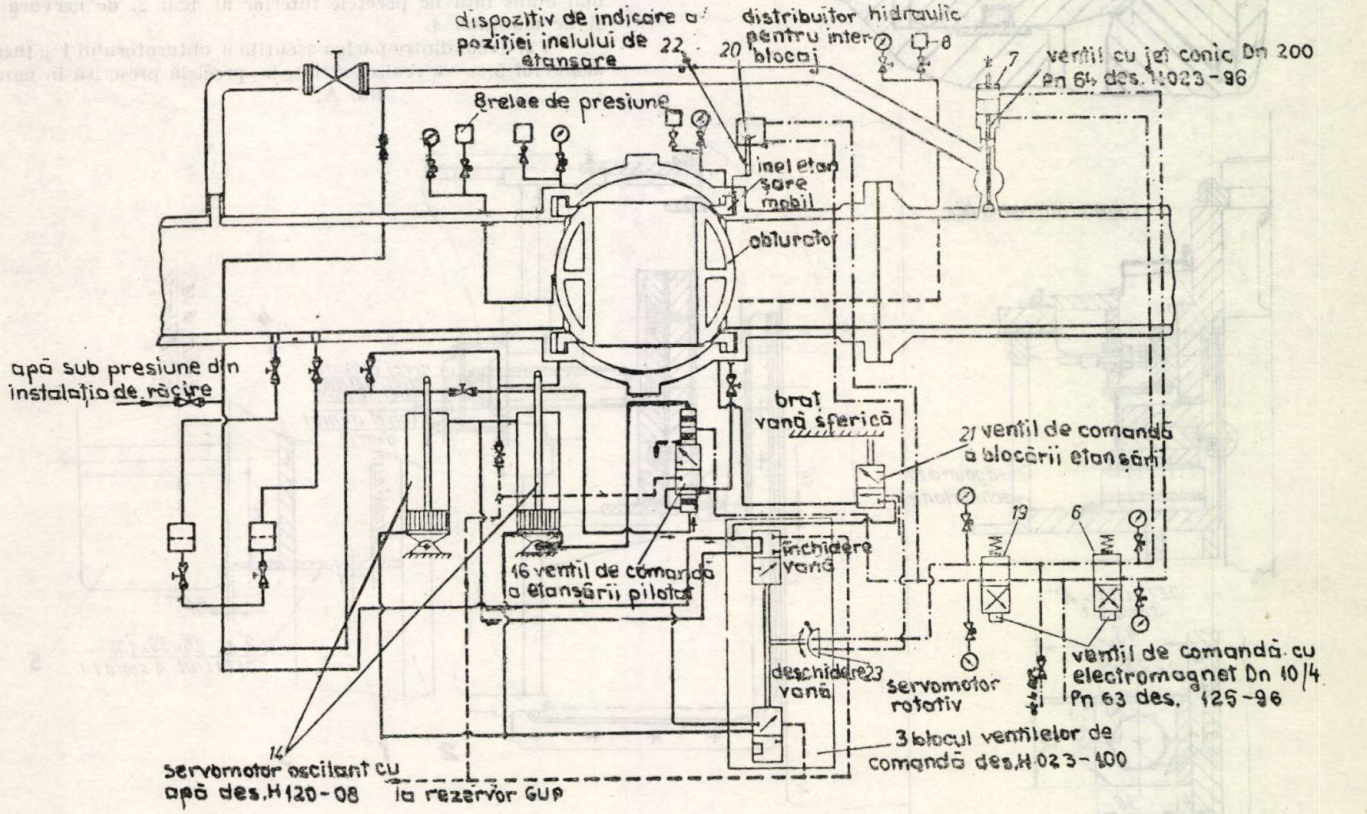


Fig. 3. Circuitul acționării vanei sferice VS 160—640 (modificat).

← Fig. 4.

înscriere a mișcării inelului mobil cu mișcarea obturatorului. Pentru aceasta s-au introdus următoarele elemente hidraulice de automatizare :

a. Ventil de comandă a etanșării pilotat (poz. 16 din schema nouă), care comandă mișcarea inelului mobil la închidere sau deschidere, comutînd admisia apei din conducta forțată. Comutarea acestui ventil se face cu presiunea de ulei din GUP la deschiderea inelului mobil și cu apă din conducta forțată la închidere. După primirea comenzii de deschidere a obturatorului, se realizează un blocaj în poziția deschis a inelului mobil, utilizînd un impuls de presiune de apă de sub pistonul servomotorului de acționare (poz. 14). Acest impuls se menține tot timpul cît vana sferică este deschisă și dispare la circa 10 s după închiderea completă a obturatorului, moment în care începe închiderea inelului mobil.

b. Distribuitor hidraulic pentru interblocaj (poz. 20). Acesta este comutat de un sistem de pîrghii care urmărește mișcarea inelului mobil al etanșării (fig. 4). Distribuitorul are rolul de a admite uleiul de comandă la blocul ventilelor de comandă a mișcării obturatorului (poz. 3),

Fig. 5. Soluție pentru eliminarea pierderilor de ulei din lagărele hidroagregatelor din CHE Mărișelu.

Notă 1. Obturatorul 1 se va ajusta în așa fel încît să fie cît mai etanș față de peretele interior al băii 2, de nervura 3 și de mantaua 4.

2. Jocul dintre partea ascuțită a obturatorului 1 și fusul arborelui 5 se va realiza striat, la precizia prescrisă în detaliul A. ↓

numai după retragerea completă a inelului mobil, de care este de fapt acționat direct.

c. Ventilul de comandă al blocării etanșării (poz. 21 din schema modificată). Are rolul de a menține inelul mobil retras pe toată durata cît obturatorul este deplasat din poziția închis, admițînd presiunea din conducta forțată în spațiul A. Prin aceasta se realizează o protejare suplimentară și o asigurare că inelul mobil nu se duce singur la închidere, urmare a deteriorării garniturii de pe diametrul interior al inelului mobil.

Schema îmbunătățită aduce mari avantaje economice, prin eliminarea elementelor lungi de staționare în reparație a hidroagregatelor necesare înlocuirii inelelor și prin asigurarea unui timp lung de funcționare a inelului mobil-piesă de schimb din oțel special cu ciclu lung de fabricație.

3. În funcționarea de durată a lagărelor hidrogeneratoarelor de la UHE Mărișelu s-au constatat scurgeri de ulei înspre interior pe lîngă arborele rotorului.

Cauza. Antrenarea uleiului de către forța centrifugă într-o mișcare ascensională, pînă la deversarea peste cilindrul interior al băii de ulei a lagărului (fig. 5).

Soluția de remediere. S-a introdus un obturator între partea fixă și cea rotitoare, fixat pe cilindrul interior al băii și realizînd un joc minim de 0,5 mm față de butucul lagărului axial, respectiv fusul lagărului radial inferior. În butuc, respectiv în fus, după acest obturator, s-au practicat găuri radiale cu rol de pompă, care refulează uleiul din interiorul spre exteriorul butucului (vezi fig. 5). După aplicarea acestei soluții pierderile de ulei au dispărut complet.

Soluțiile de mai sus au fost generalizate la toate hidroagregatele similare din cadrul amenajărilor I.E. Cluj-Napoca, respectiv CHE Tarnița, CHE Gîlceag, CHE Șugag, CHE Remeți și altele.

(Primit la 15 iulie 1983, acceptat la 21 noiembrie 1983)

Inventarierea și valorificarea micropotențialului hidroenergetic al cursurilor de apă din R. S. România

Ing. Dumitru Spiridon*

Introducere

Astăzi, cînd pe plan mondial se caută o economisire maximă a rezervelor energetice clasice, în paralel cu găsirea și exploatarea unor noi surse de energie, valorificarea potențialului hidroenergetic, sursă regenerabilă, se impune mai mult ca oricînd să se înscrie pe căile prioritare ale planului de perspectivă.

În „Programul directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000" adoptate de Congresul al XII-lea al Partidului se prevede intensificarea și valorificarea completă a potențialului hidroenergetic într-un ritm maxim posibil, astfel ca pînă la sfîrșitul acestui secol să se tindă la amenajarea completă a acestui potențial în cadrul acțiunii de obținere a independenței României în domeniul energetic.

Folosirea potențialului se va face prin amenajări hidroenergetice concepute și optimizate tehnico-economic în cadrul amenajărilor complexe ale apelor, în conformitate cu Programul național de amenajare a bazinelor hidrografice din R.S. România.

În etapa actuală, acțiunea de intensificare a valorificării potențialului hidroenergetic are loc atît prin realizarea de CHE mari, cît și prin amenajarea micropotențialului hidroenergetic prin construirea de MHC, pentru a contribui în special la degrevarea balanței de combustibil.

În țara noastră există o tradiție în folosirea forței hidraulice a cursurilor de apă. Pînă la finele secolului precedent, folosirea forței hidraulice s-a dezvoltat continuu la munte, deal și cîmpie, prin răspîndirea instalațiilor hidromecanice. Primele amenajări care au folosit energia hidraulică pentru producere de curent electric au fost pe teritoriul țării noastre la finele secolului XIX, la numai cîțiva ani după apariția primelor centrale hidroelectrice în țările cele mai avansate industrial, ca: S.U.A., Franța, Italia și Elveția. Istoric, primele centrale hidroelectrice construite, prin mărimea puterii instalate, se încadrează în categoria microhidrocentralelor. Astfel, în țara noastră, s-au realizat în perioada 1898—1900, un număr de 19 CHE cu puteri unitare sub 1000 kW, cu o putere totală instalată de 4115 kW, cu o producție medie de circa 16,2 GWh/an. La finele anului 1950 erau în exploatare 115 MHC cu o putere totală de circa 22000 kW cu o producție medie de circa 90 GWh/an. MHC cu puteri instalate

* Dumitru Spiridon este inginer proiectant principal la Institutul de Studii și Proiectări Hidroenergetice (ISPH)

între 100 și 1000 kW au fost construite în majoritatea lor, înaintea celui de al doilea război mondial; însă pînă în 1955, la multe din centralele vechi s-au executat lucrări de refacere, completări și reparații capitale. La aceste centrale, tipul de amenajare adoptat este cel de derivație, funcționînd pe firul apei, unele amenajări avînd la captare cel mult bazine compensatoare orare.

La începutul primului plan de electrificare a țării, la fel ca în alte țări, odată cu realizarea unei rețele puternice de CHE mari s-a preconizat și construcția de MHC.

Toate MHC au fost racordate la rețelele sistemului energetic național prin rețele locale. Din păcate, o parte din beneficiarii acestor MHC, după ce au fost racordați la rețeaua națională, din motive economice și administrative, au renunțat la serviciile unor MHC. Aceste MHC care necesitau modernizări și unele reparații capitale au fost casate.

Pe plan mondial, utilizarea energetică a cursurilor de apă prin amenajarea de MHC a fost începută în multe țări încă din secolul trecut și a căpătat în acest secol o dezvoltare destul de mare. Deși în domeniul producerii energiei electrice progresul tehnic și cerințele economice conduc la centrale cu puteri instalate din ce în ce mai mari, ideea de realizare de MHC este justificată, atît pentru alimentarea cu energie a unor consumatori izolați, cît și pentru folosirea cursurilor de apă cu potențial redus, care nu au fost incluse în schemele de amenajare hidroenergetică cu centrale cu puteri mari. Prin exploatarea lor, MHC conduc în special la economii de combustibil, la posibilitatea alimentării cu energie electrică a unor zone izolate cu eficiență sporită etc.

Preocupări în vederea folosirii micropotențialului hidroenergetic există atît în țările dezvoltate industrial, cît și în cele în curs de dezvoltare. În țările industrializate, MHC constituie o sursă care conduce la economie de energie, de combustibil, dar în țările în curs de dezvoltare, CHE sau MHC sînt folosite ca sursă de energie principală, bază de dezvoltare social-agricolă și artizanală. În țările în curs de dezvoltare, chiar în cele cu un potențial hidroenergetic important, în prima etapă s-a dat prioritate utilizării de MHC, ca apoi să se amenajeze în paralel, atît centrale mari, cît și centrale mici.

La finele anului 1980 erau în funcțiune în R. P. Chineză 90 000 MHC cu o putere instalată de 7 milioane kW, cu o producție medie de circa 12 700 GWh/an. Japonia dispunea în 1977 de 1350 MHC (cu $P_i = 7$ mil. kW), iar URSS de circa 21 000 MHC (cu $P_i = 2{,}2$ milioane kW și $E_m = 3\,800$ GWh/an).

În Europa, țările industrializate și cu resurse energetice, sînt preocupate de amenajarea și utilizarea acestuia: Franța (1170 MHC în 1979); R.F.G. (30 000 MHC în 1980); Elveția (320 MHC cu $\Sigma P = 48$ MW); Italia (1 128 MHC); Suedia (cu 1050 MHC cu $\Sigma P = 550$MW); Finlanda (1875 MHC cu $\Sigma P = 340$ MW în 1975); Cehoslovacia (5300 MHC cu $\Sigma P = 100$ MW și $\Sigma E_m = 320$ GWh/an) etc.

În S.U.A. dobîndesc importanță CHE mici, cu puteri cuprinse între 500...1500 kW. Prin folosirea energetică a circa 49 500 de baraje, se va obține o putere totală de 26,6 milioane kW, din care circa 10 mil. kW va fi instalată în MHC. Pentru nivelul anului 1985 s-au prevăzut MHC cu o putere instalată de 1,5 milioane kW, iar în anul 2020 o putere de 50 milioane kW.

1. Acțiunea de inventariere a micropotențialului în România

În R.S. România există o preocupare pentru utilizarea potențialului redus al cursurilor de apă prin amenajarea de MHC.

Acțiunea de inventariere a micropotențialului hidroenergetic din R.S. România s-a desfășurat în mai multe etape:

I — inventarierea de către ISPH, a unei serii de lucrări hidrotehnice de interes complex la care s-ar putea utiliza energetic căderile și debitele disponibile prin amenajarea de MHC;

II — în anul 1980 I.S.P.H. a întocmit un studiu model de inventariere a micropotențialului hidroenergetic pentru bazinul hidrografic Lotru;

III — elaborarea de către IRE-uri în cursul anului 1981 a studiilor de inventariere a micropotențialului hidroenergetic, pe județe;

IV — întocmirea de către I.S.P.H. în anul 1982 a unui studiu de sinteză asupra micropotențialului hidroenergetic din R.S. România, pe baza studiilor de inventariere a micropotențialului întocmite de IRE-uri.

În acțiunea de inventariere a micropotențialului hidroenergetic s-a determinat:

— potențialul liniar al cursurilor de apă cu potențialul redus, pe sectoarele din afara schemelor principale de amenajare sau în aval de captările acestora, după refacerea debitului natural la o mărime convenabilă;

— micropotențialul tehnic amenajabil prin MHC pe cursurile de apă cu potențial redus și care nu au fost cuprinse în schemele de amenajare principale;

— micropotențialul economic amenajabil, adică MHC a căror realizare s-ar justifica într-o primă etapă, făcîndu-se o clasificare după prețul de cost al energiei.

2. Micropotențialul teoretic liniar

Pentru evidențierea sectoarelor de rîu cu micropotențial hidroenergetic s-a făcut calculul și reprezentarea grafică a potențialului teoretic liniar.

Fiecărui element de lungime dL (m) al unui curs de apă îi corespunde într-o anumită perioadă de timp t un debit anumit Q (m³/s) și o anumită cădere dH (m).

Potențialul hidroenergetic corespunzător debitului mediu multianual (Q_m) pe un sector i de lungime infinitezimală dL, al unui curs de apă, cuprins între cotele H_i și H_{i+1} este dat de relațiile :

$$P\,(\mathrm{kW}) = k_1 \int_{H_i}^{H_{i+1}} Q_m\, dH, \qquad (1)$$

$$E(\mathrm{kWh/an}) = K_2 \int_{H_i}^{H_{i+1}} Q_m dH, \qquad (2)$$

unde :

K_1 și K_2 au respectiv valorile 9,81 și 9,81 × × 8760, randamentul fiind considerat 100%.

Din relația (2) rezultă că energia latentă a unei căderi de apă este proporțională cu produsul debitului și căderii.

Pentru un sector al unui curs de apă, de lungime finită ΔL (km) se poate scrie :

$$P\,(\mathrm{kW}) = K_1 Q_{mi} \int_{H_i}^{H_{i+1}} dH \qquad (3)$$

$$E\,(\mathrm{kWh/an}) = K_2 Q_{mi} \int_{H_i}^{H_{i+1}} dH \qquad (4)$$

sau :

$$P(\mathrm{kW}) = K_1 \frac{Q_{i\cdot av} + Q_{i+1am}}{2} \Delta H \qquad (5)$$

$$E_m\,(\mathrm{kWh/an}) = K_2 \cdot \frac{Q_{i\cdot av} + Q_{i+1\cdot am}}{2} \Delta H \qquad (6)$$

unde :

$Q_{i\cdot av}$ și $Q_{i+1\cdot am}$ (m³/s) reprezintă debitul mediu multianual la capetele sectorului i al cursului de apă, în aval, respectiv în amonte, de confluența cu un afluent ;

ΔH(m) — căderea pe sectorul i al cursului de apă.

Însumînd puterile și energiile teoretice medii ale tuturor sectoarelor în care au fost împărțite cursurile de apă se obține potențialul liniar total :

$$P(\mathrm{kW}) = K_1 \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{Q_{i\cdot av} + Q_{i+1\cdot am}}{2} \right) \Delta H, \qquad (7)$$

$$E_m\,(\mathrm{kWh/an}) = K_2 \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{Q_{i\cdot av} + Q_{i+1\cdot am}}{2} \right) \Delta H. \qquad (8)$$

Pentru reprezentarea grafică a potențialului liniar, cu scopul evidențierii sectoarelor cu potențial important s-a calculat pe sectoare puterile și energiile unitare cu relațiile :

$$P_i\,(\mathrm{kW/km}) = \frac{P_i}{L_i}, \qquad (9)$$

$$e_i\,(\mathrm{kWh/an.km}) = \frac{E_i}{L_i}, \qquad (10)$$

unde :

P_i(kW) ; E_i(kWh/an) și L_i reprezintă puterea, energia și respectiv lungimea sectorului i.

Potențialul teoretic liniar s-a calculat pe baza următoarelor ipoteze :

— utilizarea integrală a volumului de apă scurs ;

— folosirea întregii căderi disponibile ;

— randamentul total al proceselor de transformare a energiei hidraulice potențiale în energie electrică egală cu 100%.

Cu valorile calculate cu relația (9) s-a făcut reprezentarea grafică pe harta cu rețeaua hidrografică a cursurilor de apă studiate, la scară convenabilă, sub formă de benzi hidroenergetice, între punctele care delimitează diferite sectoare. Valorile cele mai mari ale indicelui kW/km, indică sectoarele cursului de apă cele mai interesante a fi amenajate într-o primă etapă.

Debitele medii în diferite puncte s-au stabilit prin calcule hidrologice indirecte, folosind debitele măsurate la posturile hidrometrice din bazin sau din bazinele învecinate, extrapolate pe o perioadă de 20...30 ani, folosind „Anuarul hidrografic" elaborat de CNA, „Atlasul cadastrului apelor din R.S. România" vol. III și datele hidrometrice din cadrul oficiilor de gospodărire a apelor.

În secțiunile de la capetele sectoarelor, debitele medii multianuale s-au calculat cu relația :

$$Q_m\,(\mathrm{m^3/s}) = \frac{q \times S}{1000}, \qquad (11)$$

unde :

q (1/s.km²) reprezintă debitul mediu specific ;

S (km²) — suprafața bazinului de recepție în punctul considerat.

În general, calculul potențialului a început în zona în care cursul de apă prezintă un debit permanent tot timpul anului.

Din studiile de sinteză pe țară, a rezultat că în cadrul studiilor IRE s-a calculat potențialul liniar pe o lungime de circa 23 700 km totalizînd un potențial de circa 13 000 GWh/an, potențialul specific revenind la peste 60 kW/km. Acest potențial reprezintă circa 1/4 din potențialul cursurilor de apă interioare principale din România. Valoarea ridicată a acestui potențial se explică prin faptul că în afara poten-

țialului cursurilor de apă mici se mai cuprinde și potențialul unor cursuri de apă principale, incluse în schemele de amenajare, pe sectoarele unde debitul natural în aval de captări se reface la o mărime convenabilă pentru amenajarea de MHC și pe sectoarele inferioare, în aval de cote la care se încheie amenajarea principală.

Potențialul cursurilor de apă mici se va folosi în parte, fie prin extinderea unor captări secundare ale CHE mari în cadrul cărora se are în vedere concentrarea debitelor și căderilor, fie prin amenajări de MHC la lucrări de interes complex sau pe cursurile de apă cu potențial redus, pe care nu sînt prevăzute amenajări hidrotehnice.

3. Micropotențialul tehnic amenajabil reprezintă puterea și energia electrică care ar putea fi produsă prin amenajarea hidroenergetică a cursurilor de apă cu potențial redus, care nu au fost cuprinse în schemele de amenajare principale.

Pentru toate zonele la care s-a calculat potențialul teoretic liniar s-au elaborat scheme de amenajare preliminare, în vederea stabilirii potențialului tehnic amenajabil prin amenajarea de MHC.

3.1. Considerații privind schemele de amenajare a MHC

Utilizarea potențialului hidroenergetic al cursurilor de apă din țara noastră poate avea loc fie prin realizarea de MHC pe lîngă lucrări hidrotehnice existente, în construcție sau proiectare, fie prin construirea de MHC independente.

În cadrul lucrărilor hidrotehnice, care dispun de debite și căderi, se deosebesc scheme de amenajare de CHE sau MHC pe lîngă lucrările hidroenergetice sau în cadrul construcțiilor hidrotehnice pentru folosințe complexe.

Uvrajele hidroenergetice care dispun de căderi utilizabile prin realizarea de MHC sînt: barajele unor acumulări, pentru debite de servitute ($P_i = 10...500$ kW); barajele de captare, pentru debite de servitute ($P_i = 20...5000$ kW); capătul aval al unor aducțiuni secundare față de derivația principală sau nivelul retenției normale (40...4000 kW), canalele de fugă de la CHE cu disponibilități de căderi pînă la cursul de apă (200...2000 kW) etc.

Uvrajele hidrotehnice de interes complex, care dispun de căderi utilizabile prin realizarea de MHC sînt: barajele acumulărilor pentru debite de salubritate sau debite regularizate ($P_i = 10...5000$ kW); barajele de captare cu MHC la piciorul barajului ($P_i = 10...400$kW), canale de derivații ($P_i = 10...2000$ kW), aducțiuni sub presiune ($P_i = 50...4000$ kW). Tot în această categorie pot fi menționate MHC care folosesc căderile din cadrul regularizării cursurilor de apă (cu $P_i = 10...4000$ kW), de la barajele care creează lacuri în cascadă sau din cadrul canalelor navigabile (prin folosirea ruperilor de pante de la ecluze sau folosirea volumelor de apă pentru ecluzări) etc.

Schemele de amenajare ale MHC, care nu folosesc lucrări hidrotehnice existente, cuprind următoarele uvraje principale:

— *Captarea apei*, care se realizează printr-un baraj de mică înălțime (circa 3—5 m) construit din materiale locale.

— *Bazin compensator*, amplasat între captare și centrală, avînd rolul de a asigura funcționarea grupurilor la debitul instalat, deci la randamente optime. Bazinul compensator este folosit în perioada de debite mici, cînd acumulează din stocul de apă, care apoi este uzinat la valoarea debitului instalat.

Volumul rezervorului compensator trebuie să asigure funcționarea unei turbine cel puțin o jumătate de oră la debitul ei nominal. În această situație volumul rezervorului este:

$$V_c\,(\mathrm{m^3}) = 1\,800\,Q_i, \qquad (12)$$

unde:

Q_i ($\mathrm{m^3/s}$) este debitul instalat în centrală, în cazul unui singur grup, sau debitul nominal al unei singure turbine, în cazul mai multor grupuri instalate în centrală.

— *Aducțiunea apei* de la captare la centrală; în funcție de configurația topografică și geologică se folosesc, de obicei, conducte de beton pentru căderi mici și conducte metalice la căderi și pante mari. În lucrările de inventariere a micropotențialului s-au luat în considerație, în general, conducte prefabricate din beton PREMO sau SENTAB, sau metalice la presiuni de peste 70 m, amplasate, de obicei, pe vale, în cadrul amprizei căii de acces. Peste această presiune s-au folosit tuburi metalice de grosime corespunzătoare.

— *Centrala*, adăpostește echipamentul electromecanic, de unde apa este evacuată prin canalul de fugă. Dimensional, centrala depinde de tipul și numărul de agregate.

Pentru echiparea MHC s-au stabilit, în principal, următoarele tipuri de turbine (fig. 1):

— EOS (elicoidale), care acoperă economic domeniul de 7...15 m cădere și 150...200 kW putere instalată. La căderi mai mari de 15 m, contrapresiunea necesară depășește 3 m, ceea ce scumpește costul clădirii centralei;

— FO (Francis orizontale) acoperă economic domeniul de căderi mai mari de 40...50 m și puteri peste 300...400 kW;

— MLU (microhidroagregate larg utilizabile) realizate de CCSITHE Reșița pentru zona căderilor (4...15 m) și a debitelor (0,15... ... 0,35 $\mathrm{m^3/s}$) mici.

— Banki, pentru căderi sub 15 m și debite mai mici de 3 $\mathrm{m^3/s}$, pentru care I.U.P.S. —

Reghin a realizat o gamă de șase tipodimensiuni.

Generatoarele aferente gamei de tipodimensiuni de turbine EOS și FO s-au tipizat pentru puterile de 160; 250; 400; 630; 800; 1000 și 1200 kW și turațiile de 300; 500; 600; 750; 1000 și 1500 rot/min. Ca generatoare, pot fi folosite și motoarele electrice asincrone de serie, de joasă tensiune, din producția I.I.M.E. — Filiași.

3.2. Parametrii energetici principali ai MHC sînt: puterea instalată și producția de energie electrică.

3.2.1. Puterea instalată este funcție de debitul instalat și căderea netă la turbine.

Alegerea preliminară a debitelor instalate și a treptelor de căderi s-a făcut funcție de tipurile de turbine și generatoare existente, ținîndu-se seama de debitele medii multianuale în secțiunea de captare, de debitul de servitute admis. Prin debitele de servitute care trebuie lăsate în albie, în aval de o anumită secțiune, se înțeleg acele debite necesare satisfacerii tuturor cerințelor din aval de acea secțiune și care cuprind: debitele minime pentru curgerea salubră, debitele pentru beneficiarii de folosință din aval și debitele pentru folosințele nelocalizabile. Debitele minime, necesare pentru curgerea salubră, la cursurile de apă cu bazine de recepție mai mici de 1000 km^2, în zona de munte și deal este de ordinul 0,02...0,10 m^3/s.

În general, debitul instalat s-a ales între 2...4 Q_m, unde Q_m este debitul mediu multianual al cursului de apă în secțiunea de captare; debitele instalate ale grupurilor s-au stabilit cu ajutorul căderilor nete și cu diagrama care cuprinde gama de microagregate Francis orizontale și EOS tipizate (fig. 1). Pentru a cădea pe unul din microhidroagregatele tipizate pe domeniul de randamente maxime, coeficientul de instalare a depășit uneori și valoarea de 3 Q_m.

Căderile s-au stabilit prin fracționarea căderii totale a cursului de apă, în trepte de căderi egale și apropiate de valoarea lor maximă de circa 100...120 m sau de alte valori mai mici față de grupurile tipizate existente și debitul instalat. Căderile nete au rezultat admițînd pierderi de sarcină de 1...3 m/km, în funcție de lungimea aducțiunilor, de mărimea căderilor și a pantelor cursurilor de apă din zonele respective.

Pentru randamente s-a admis în medie 0,85 pentru turbine și 0,92 pentru generatoare.

Puterea instalată s-a calculat cu ajutorul relației:

$$P_i = 9{,}81 \times Q_i \times H_n \times \eta_T \times \eta_G \cong 7{,}5 Q_i H_n, \quad (13)$$

unde:

Q_i (m^3/s) este debitul instalat;

H_n (m) — căderea netă;

η_T și η_G — randamentul turbinei, respectiv al generatorului.

Avînd în vedere [13], ținîndu-se seama și de tipizarea generatoarelor electrice asincrone, debitul instalat se va alege, de regulă, pentru a folosi capacitatea mașinii electrice la o putere cît mai apropiată de cea nominală, turbinele încadrîndu-se totodată în gama tipizată.

Puterea la bornele generatorului este dată de relația aproximativă:

$$P_i\,(\text{kW}) = 7\, Q_i\, H_n, \quad (14)$$

pentru turbine Francis și elicoidale și respectiv

$$P_i\,(\text{kW}) = 65\, Q_i\, H_n, \quad (15)$$

pentru turbine Banki.

3.2.2. Producția medie de energie s-a determinat pe baza debitelor multianuale efectiv captate și a căderilor nete la turbină.

Debitul mediu efectiv captat este dat de relația:

$$Q_{mc}\,(\text{m}^3/\text{s}) = Q_m \cdot \varepsilon_u, \quad (16)$$

unde:

Q_m (m^3/s) este debitul mediu anual afluent în punctul de captare;

ε_u(%) — coeficientul de utilizare a stocului.

Coeficientul de utilizare a stocului are valori care variază în funcție de coeficientul de instalare $\left(k_i = \frac{Q_i}{Q_m}\right)$ și de mărimea bazinului de recepție (S).

Pentru anumite cursuri de apă și afluenții lor, a existat corelația $\varepsilon_u = f(k_i, S_b)$, care s-a aflat în studiile hidrologice pentru acele cursuri de apă care au prezentat importanță energetică.

La unele cursuri de apă, pentru determinarea producției medii de energie electrică, s-a folosit curba clasată a debitelor medii zilnice pe un șir de 20...30 ani sau o curbă de durată anuală tip a debitelor, stabilită pe o zonă a bazinului hidrografic care dispune de măsurători zilnice, curbă care se transpune la debitul mediu al cursului de apă în secțiunea de captare a MHC.

Curba clasată pe baza debitelor medii lunare pe un șir de 20...30 de ani s-a folosit atunci cînd nu s-a dispus de date zilnice pe o perioadă suficient de lungă, aplicîndu-se acestora o corecție în minus de circa 5% față de valorile medii zilnice.

Producția de energie se calculează cu relația:

$$E_m(\text{kWh/an}) = 9{,}81\, Q_m\, H_n \eta_T \eta_G\, 8760\, \varepsilon_u\, \varepsilon_{ind}, \quad (17)$$

unde:

Q_m(m^3/s) este debitul mediu multianual;

H_n(m) — căderea netă la turbine;

η_T — randamentul turbinei;

η_G — randamentul generatorului;

ε_u — coeficientul de utilizare a sto-

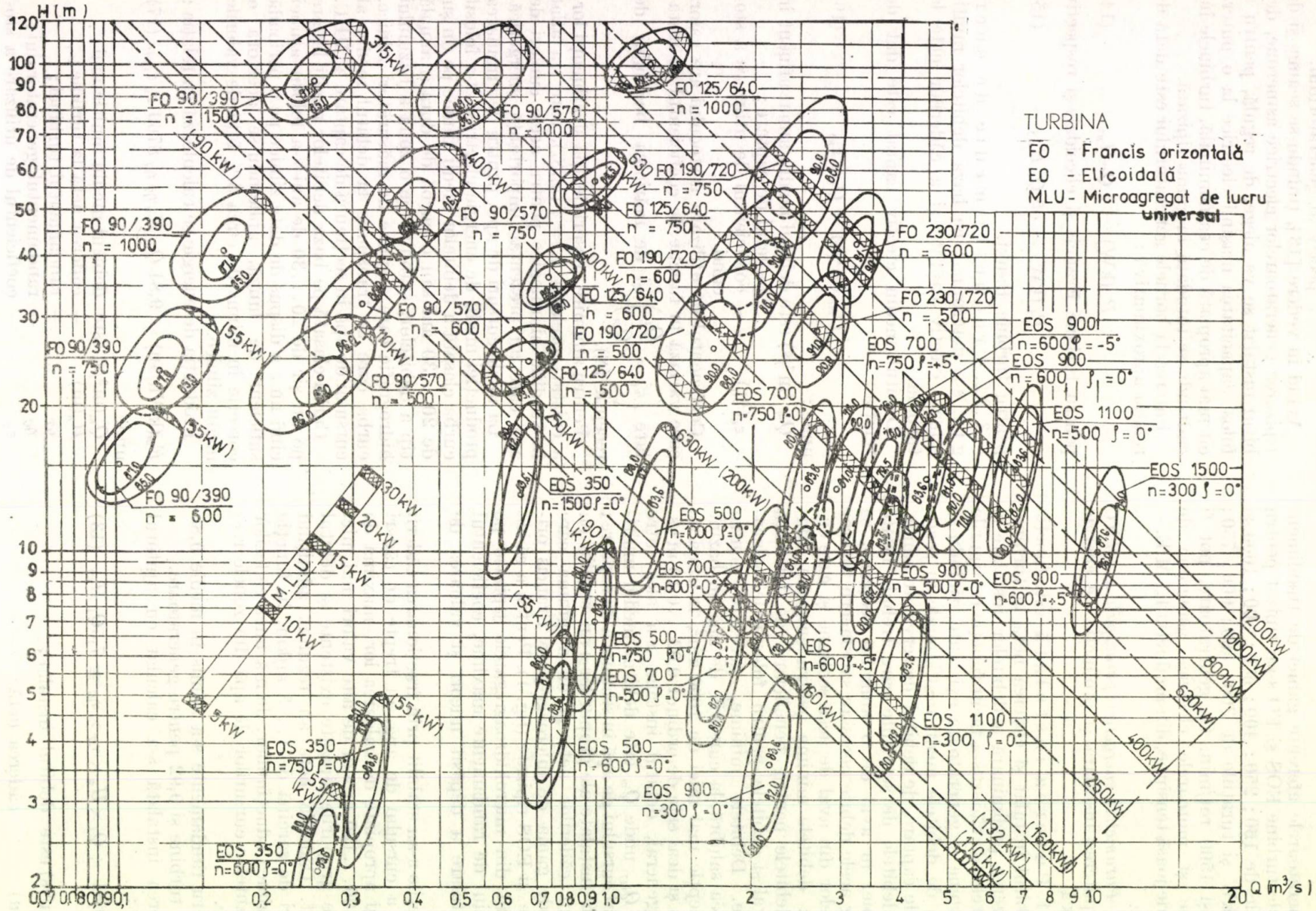


Fig. 1. Diagrama orientativă de alegere a microagregatelor hidroenergetice.

culul, stabilit cu ajutorul curbelor de durată a debitelor medii zilnice;

ε_{ind} — coeficientul de indisponibilitate care s-a luat 0,90 în cazul în care în centrală se instalează un singur grup și 0,94 în cazul cînd se instalează mai multe grupuri.

În general admițînd $\eta_T = 0{,}85$, $\eta_G = 0{,}92$ și $\varepsilon_{ind} = 0{,}90$, relația (17) devine:

$$E_m(\text{GWh/an}) = 0{,}060\, Q_m H_n \varepsilon_u. \quad (18)$$

Pentru $\eta_T = 0{,}85$, $\eta_G = 0{,}92$ și $\varepsilon_{ind} = 0{,}94$ avem:

$$E_m\,(\text{GWh/an}) = 0{,}063\, Q_m\, H_n\, \varepsilon_u. \quad (19)$$

În [13] în cazul unei căderi nete constante (H_n) pentru determinarea producției de energie electrică se recomandă relațiile:

— pentru turbinele Francis și elicoidale:

$$E_m\,(\text{kWh/an}) = \frac{V_u H_n}{515}; \quad (20)$$

— pentru turbinele Banki:

$$E_m\,(\text{kWh/an}) = \frac{V_u H_n}{555}, \quad (21)$$

unde:

$V_u\,(\text{m}^3)$ reprezintă volumul de apă utilizat pentru producere de energie electrică și care este egal cu suprafața delimitată de debitul instalat (Q_i), de curba de durată în zona debitelor mai mici de Q_i și de axele curbei de durată a debitelor medii zilnice sau lunare în punctul de captare.

La stabilirea coeficientului de utilizare a stocului se ține seama, după caz, și de debitele de servitute care nu sînt uzinate și care sînt necesare a fi lăsate în aval.

În această ipoteză, în figura 2 se prezintă, (spre exemplificare familia de curbe $\varepsilon_u = f(k_i, Q_s)$ pentru un curs de apă afluent al rîului Bistrița din zona montană.

Funcția $\varepsilon_u = f(k_i)$ se prezintă pentru diverse valori ale debitului de servitute (θ_s — m³/s) ca părți din debitul mediu din secțiunea studiată. În aceeași figură se observă micșorarea valorilor ε_u în funcție de creșterea valorilor debitelor de servitute.

3.5. Date privind micropotențialul tehnic amenajabil

Micropotențialul hidroenergetic tehnic amenajabil, inventariat în studiile IRE elaborate pe județe, este format din 4700 MHC cu o producție medie de 3800 GWh/an, adică 30% din micropotențialul liniar teoretic inventariat și 10% din valoarea potențialului tehnic amenajabil al R.S.România.

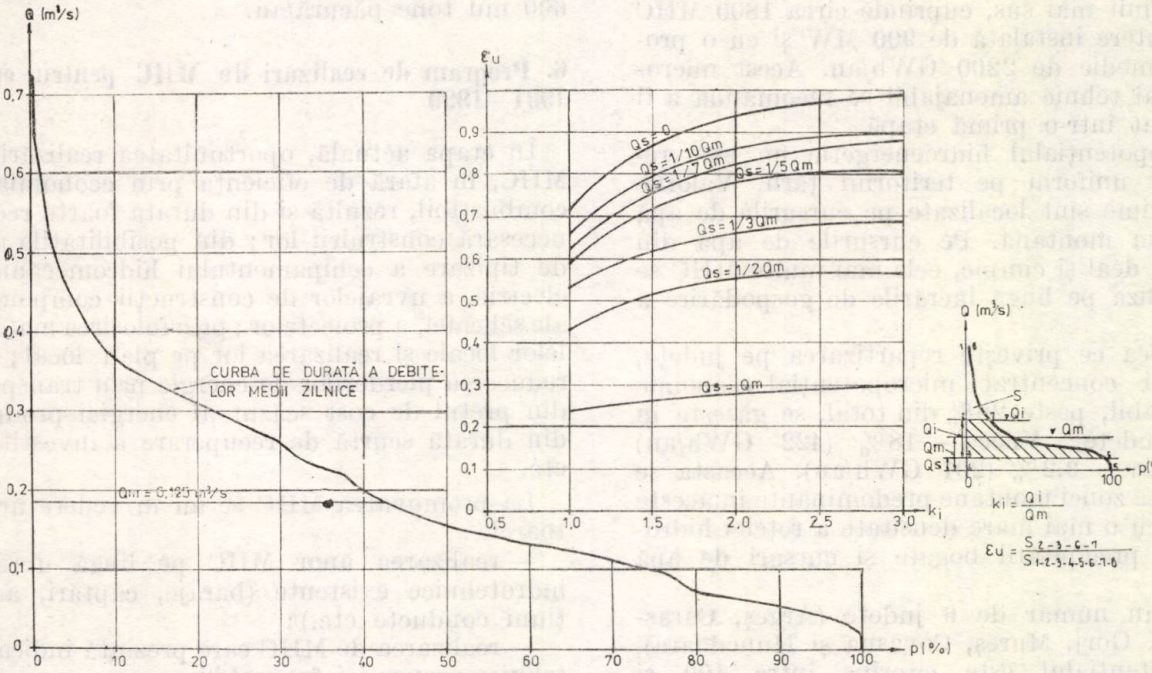


Fig. 2. Coeficientul de utilizare a stocului în funcție de gradul de echipare a MHC și debitul de servitute $\varepsilon_u = f(k_i, Q_s)$. Pîrîul Ciotina — Bistrița.

Estimarea preliminară a investiţiilor a permis clasarea acestor MHC după preţul de cost al energiei electrice produse.

5. Micropotenţialul economic amenajabil, în acţiunea de inventariere, s-a considerat suma productibilităţii (GWh/an) a tuturor MHC a căror producţie de energie are un preţ de cost mai mic de 0,35 lei/kWh.

După cum se ştie, eficienţa economică a utilizării micropotenţialului hidroenergetic se apreciază, în principiu, prin economia de combustibil şi reducerea pierderilor de energie în reţeaua sistemului energetic naţional.

Potenţialul tehnic amenajabil, clasat după preţul de cost, este prezentat în tabelul 1.

Tabelul 1

Preţul de cost (lei/kWh)	Număr de MHC	Puterea instalată P_i (MW)	Producţie de energie electrică E_m (GWh/an)	Procente (%)
<0,35	1800	900	2200	58
0,36–0,50	930	340	750	20
0,51–0,75	740	200	500	13
> 0,75	1230	160	350	9
Total	4700	1600	3800	100

Din potenţialul tehnic amenajabil, micropotenţialul economic amenajabil, aşa cum a fost definit mai sus, cuprinde circa 1800 MHC cu o putere instalată de 900 MW şi cu o producţie medie de 2200 GWh/an. Acest micropotenţial tehnic amenajabil se recomandă a fi amenajat într-o primă etapă.

Micropotenţialul hidroenergetic nu este repartizat uniform pe teritoriul ţării. Valorile lui maxime sînt localizate pe cursurile de apă din zona montană. Pe cursurile de apă din zona de deal şi cîmpie, cele mai multe MHC se pot realiza pe lîngă lucrările de gospodărire a apelor.

În ceea ce priveşte repartizarea pe judeţe, cel mai concentrat micropotenţial economic amenajabil, peste 28% din total, se găseşte în două judeţe: Vîlcea — 18% (422 GWh/an) şi Braşov — 9,2% (207 GWh/an). Aceasta se datoreşte zonei montane predominante în aceste judeţe cu o mai mare densitate a reţelei hidrografice, precipitaţii bogate şi cursuri de apă mari.

Într-un număr de 6 judeţe (Argeş, Caraş-Severin, Gorj, Mureş, Covasna şi Hunedoara), micropotenţialul este cuprins între 100 şi 200 GWh/an şi reprezintă o pondere de circa 36% din total, pe fiecare judeţ potenţialul variind între 8 şi 4,5% din total.

Judeţele cu potenţial de 50–100 GWh/an sînt în număr de 9 : Alba, Bacău, Cluj, Harghita, Maramureş, Neamţ, Satu Mare, Sibiu şi Suceava potenţialul pe fiecare judeţ variind între 2,7...4,2%.

Din restul de 24 de judeţe, un număr de 17 dispun de un micropotenţial de circa 5,2% din total (pe judeţe potenţialul fiind sub 1%), iar un număr de 7 judeţe nu dispun de micropotenţial economic amenajabil: Brăila, Galaţi, Constanţa, Tulcea, Ialomiţa, Călăraşi şi Teleorman.

În figura 3 se prezintă gratic repartizarea pe judeţe a micropotenţialului hidroenergetic economic amenajabil, care într-o primă etapă este luat în considerare pentru valorificare.

Pe anumite cursuri de apă valorificarea micropotenţialului va putea începe şi prin realizarea de MHC cu preţ de cost mai mare de 0,35 lei/kWh, pînă la circa 0,50 lei/kWh. Aceasta din diverse motive; ca: existenţa unui şantier hidroenergetic înfiinţat pe respectivul curs de apă, folosirea potenţialului cursului de apă în cadrul amenajării lui integrale, consumatori apropiaţi sau linii de racord la reţea scurte etc.

MHC din cadrul potenţialului economic — amenajabil prezintă condiţii de eficienţă economică favorabile.

Durata de recuperare a investiţiilor în MHC prin economie de combustibil este de aproximativ 11 ani, în ipoteza costului combustibilului marginal de circa 2950 lei/t c.c.

Prin exploatarea celor 1800 MHC din cadrul acestui potenţial se realizează o economie de combustibil de circa 800 mii tc.c./an sau circa 600 mii tone păcură/an.

6. Program de realizări de MHC pentru etapa 1981–1990

În etapa actuală, oportunitatea realizării de MHC, în afară de eficienţa prin economia de combustibil, rezultă şi din durata foarte redusă necesară construirii lor; din posibilităţile mari de tipizare a echipamentului hidromecanic şi electric, a uvrajelor de construcţii componente ale schemei, a proiectelor; prin folosirea materialelor locale şi realizarea lor pe plan local; din reducerea pierderilor de energie prin transport; din preţul de cost scăzut al energiei produse; din durata scurtă de recuperare a investiţiilor etc.

La promovarea MHC se au în vedere următoarele:

— realizarea unor MHC pe lîngă uvrajele hidrotehnice existente (baraje, captări, aducţiuni conducte etc.);

— realizarea de MHC care prezintă indicatori tehnico-economici favorabili;

— construirea de MHC în toate judeţele ţării atît prin prevederi de plan al M.E.E., cît şi prin antrenarea altor beneficiari;

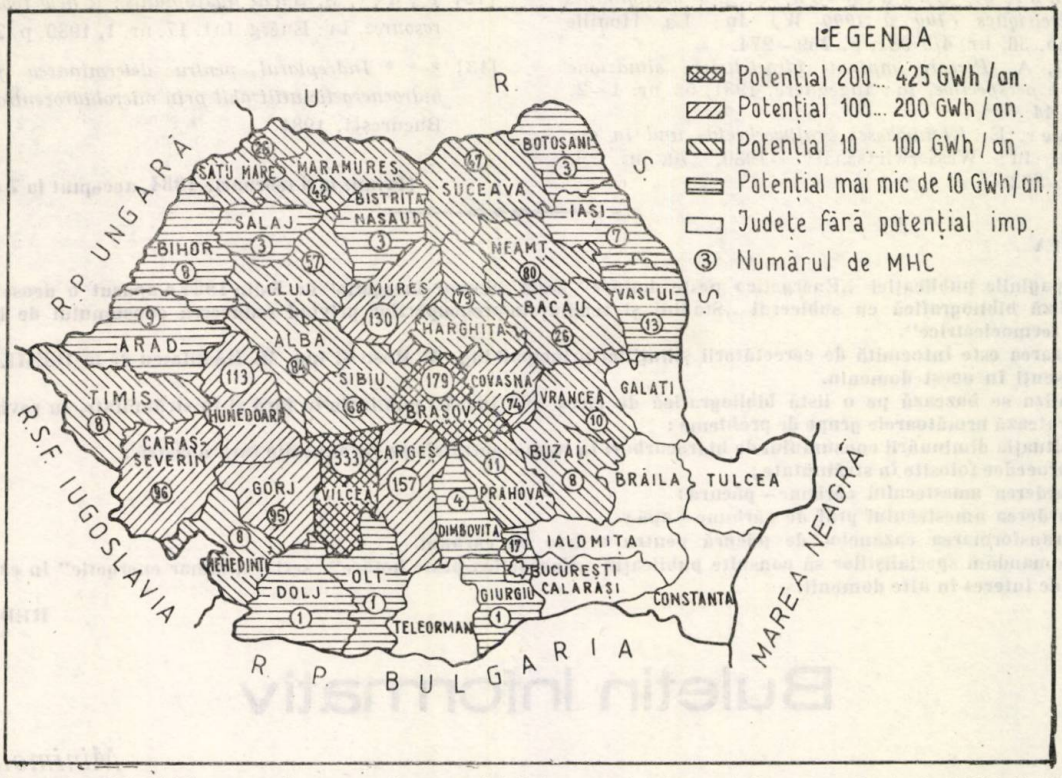


Fig. 3. Micropotențialul hidroenergetic economic amenajabil inventariat (cu preț de cost mai mic de 0,35 lei/kWh) repartizat pe județe.

— utilizarea la maximum, pentru realizarea acestor MHC, de materiale locale etc.

Pe țară, problema realizării de MHC pentru creșterea producției de energie, este urmărită de către Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie (CNȘT), care a întocmit și urmărește programul de dezvoltare de MHC pentru deceniul 1981—1990.

În cadrul M.E.E., problema realizării de MHC este urmărită de centralele CIPEET și CIRE în calitate de beneficiari.

În 1982, s-au pus în funcțiune 78 MHC cu o putere instalată de circa 3,25 MW (8 MHC— M.E.E.; 70 MHC — Consiliile populare și alte ministere, îndeosebi silvicultură).

În 1983 erau planificate a fi puse în funcțiune 100 MHC.

În ceea ce privește ritmul de dezvoltare al MHC în viitor, ținînd seama de „Programul directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000" și documentele prezentate la Conferința Națională P.C.R. din decembrie 1982, se prevede ca pînă la finele anului 1985 să fie în funcțiune 700 MHC, iar pînă la finele acestui deceniu 1500 MHC, cu o putere instalată de circa 160 000 kW, respectiv 230 000 kW.

În planurile de dezvoltare ale M.E.E. se prevede realizarea pînă la finele anului 1985 a 90 MHC cu o producție medie de energie electrică de 200 GWh/an, iar în cincinalul 1986—1990 a 120 MHC cu o producție la finele anului 1990 de 300 GWh/an.

Aceste MHC se vor executa conform proiectelor tip și soluțiilor constructive directive elaborate de M.E.E., cu cercetările de teren necesare corespunzătoare.

Bibliografie

[1] * * * *Programul directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei în perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000* și *documentele prezentate la Conferința Națională a P.C.R. din decembrie 1982.*

[2] * * * *Studiu de sinteză privind inventarierea micropotențialului hidroenergetic al R.S. România.* I.S.P.H, București, iulie 1982.

[3] * * * *Istoria energeticii și electrotehnicii în România.* Editura Tehnică, 1981, București.

[4] Spiridon, D. *Circuitul apei în natură și potențialul hidroenergetic.* În: Energetica, VII, nr. 2, 1959, p. 76—83.

[5] Spiridon, D., Mișu, N. *Aspecte privind posibilitățile de utilizare a micropotențialului hidroenergetic al României.* Referat prezentat la Manifestarea tehnico-științifică „Concepția de proiectare, execuție și exploatarea microhidrocentralelor" Cluj-Napoca 22—24 iunie 1983.

[6] Spiridon, D. *Problemas relacionadas con la utilizacion racional del potencial hidroelèctrico en el marco de los esquemas del aprovechamiento integral de las cuencas hidrografic as de Romania.* Referat prezentat la Simpozionul „Apa secolului XXI" organizat de Comitetul spaniol pentru programul hidrologic internațional, Spania — Madrid, 8—13 septembrie 1980.

[7] Bogdan, S., Spiridon, D. *Potențialul hidroenergetic al cursurilor de apă din zona montană a României.* Referat prezentat la Conferința Națională de Energetică 23—25 noiembrie 1983.

[8] Goubet, A. *Les petites installation hydroèlectriques dans les pays industrialisés.* In: La Houille Blanche, 36, nr. 4/5 1981, p. 229—235.

[9] Etienne, J., Chadenson, P. *Les minigroupes hydroèlectriques (100 à 1000 W)* In: La Houille Blanche, 36, nr. 4/5 981, p. 269—274.
[10] Gelli, A. *Piccoli impianti idroelettrici: situazione attuale e perspective.* In: Ingegnere, 1981, 55, nr. 1—2, p. 41—44.
[11] Pucher, E. *Kleinwasser kraftwerkeeins und in der zukunft.* In: Wesserwirtschaft — 1980, 70, nr. 9, p. 299—302.
[12] Feder, S. *Small hydroplants: a new look at an old resource.* In: Energ. Int. 17, nr. 1, 1980, p. 21—23.
[13] * * * *Îndreptarul pentru determinarea potențialului hidroenergetic utilizabil prin microhidrocentrale.* I.S.P.H. București, 1981.

(Primit la 9 februarie 1984, acceptat la 7 mai 1984)

NOTA

În paginile publicației „Energetica peste hotare" seria „Sumar energetic" nr .5 din 1984 a apărut o deosebit de interesantă analiză bibliografică cu subiectul „Stadiul și tendințele preocupărilor privind reducerea consumului de hidrocarburi în centralele termoelectrice".

Lucrarea este întocmită de cercetătorii științifici principali ing. A. Roșu și ing. M. Rădulescu de la ICEMENERG, specialiști cunoscuți în acest domeniu.

Analiza se bazează pe o listă bibliografică de circa 200 lucrări publicate în țară și în străinătate, în reviste de mare prestigiu și tratează următoarele grupe de probleme:

— situația diminuării consumului de hidrocarburi în termocentralele pe cărbune din țara noastră;
— procedee folosite în străinătate;
— arderea amestecului cărbune—păcură:
— arderea amestecului praf de cărbune—apă;
— transformarea cazanelor de păcură pentru ardere cu cărbuni.

Recomandăm specialiștilor să consulte publicația „Energetica peste hotare" seria „Sumar energetic" în care vor găsi și informații de interes în alte domenii.

REDACȚIA

Buletin informativ

Minimonografii

Centrala hidromecanică-hidroelectrică Letea-Bacău[1)]

Centrala hidroelectrică Letea—Bacău constituie a treia treaptă a cascadei de centrale Gherăești — Bacău — Letea (primele două sînt descrise în Energetica nr. 5/84 și nr. 9/84).

Prima societate de fabricare a hîrtiei în România „Letea" a luat ființă la 17 ianuarie 1881 printr-o lege aprobată de parlament. Construcția fabricii la Letea, în vecinătatea orașului Bacău, a început la 12 iunie 1882, sub conducerea inginerului Radu Porumbaru, și a fost pusă în funcțiune la 21 mai 1885, avînd o capacitate de producție de 3000 kg hîrtie pe zi.

Este remarcabilă concepția de a folosi apa Bistriței în mod complex pentru: transportul materialului lemnos care era prelucrat în hîrtie, producerea de energie și la procese tehnologice. Remarcabile au fost și puterea instalată, care în ultimă etapă era de circa 3000 CP, și adoptarea treptată de turbine hidraulice din ce în ce mai adecvate (Girard, Francis și Kaplan).

Inițial, energia a fost produsă și utilizată numai sub formă mecanică (explicabil, deoarece la 1880—1881 nu exista în lume nici o centrală hidro cu putere de cîteva sute de CP, iar acționările electrice erau abia experimentale), mai tîrziu și sub formă electrică.

Priza de apă din Bistrița a fost realizată inițial prin stavile de lemn, înlocuite abia în 1928 printr-o construcție de beton. Aducțiunea consta dintr-un canal cu scurgere liberă, pentru 20 m^3/s, în lungime de 2 km, lățime de 20 m și adîncime medie de 3 m. Necesitînd un volum mare de excavare, de 120 000 m^3 în argilă și balast a fost lucrarea cea mai anevoioasă din întreg complexul fabricii, executată de antreprenorul Netto (informație obținută de la fiul acestuia, fostul profesor universitar Liberale Netto). Canalul avea tripla funcțiune de folosire a apei, menționată mai înainte.

Centrala a fost inițial echipată în 1883—1884 cu două turbine hidraulice, una de 400 CP și alta de 45 CP, tip Girard, verticale, fabricate de Th. Bell & Co (Elveția). Ele acționau prin transmisii complexe, din curele, mașinile producătoare ale fabricii, un defibrator și o mașină pentru fabricarea de hîrtie. Au urmat apoi pînă în 1898 alte două turbine Girard de 35 și 50 CP, deci în total 530 CP.

Dezvoltarea continuă a fabricii, pînă în 1920 a fost realizată folosind potențialul Bistriței de pe sectorul amenajat, ceea ce a permis instalarea a încă opt turbine hidraulice, însumînd 2440 CP, din care: șapte tip Francis, cu puteri unitare de 50—600 CP și una de tip Kaplan de 1170 CP. Pînă în 1920 acționările mașinilor productive s-au făcut numai mecanic.

După război fabrica de hîrtie a fost refăcută în mare parte, introducîndu-se atît iluminat electric, cît și acționări electrice. Un generator electric, instalat în 1920, de 35 kW, 110 V c.c., destinat numai iluminatului era acționat prin curele; alte două generatoare electrice, instalate în 1920 și 1928, erau acționate prin cuplare directă cu turbinele, unul de 1100 kW, iar altul de 285 kW, ambele trifazate, 6300 V, 50 Hz.

Potențialul hidroenergetic fiind limitat, extinderile de putere s-au făcut ulterior cu grupuri diesel; pînă în 1935 au fost dezafectate cinci turbine hidraulice din cauza uzurii lor înaintate.

Prin amenajarea rîului Bistrița și construirea centralelor hidroelectrice Bacău I și II, aducțiunea a fost desființată în 1976, iar celelalte turbine dezafectate.

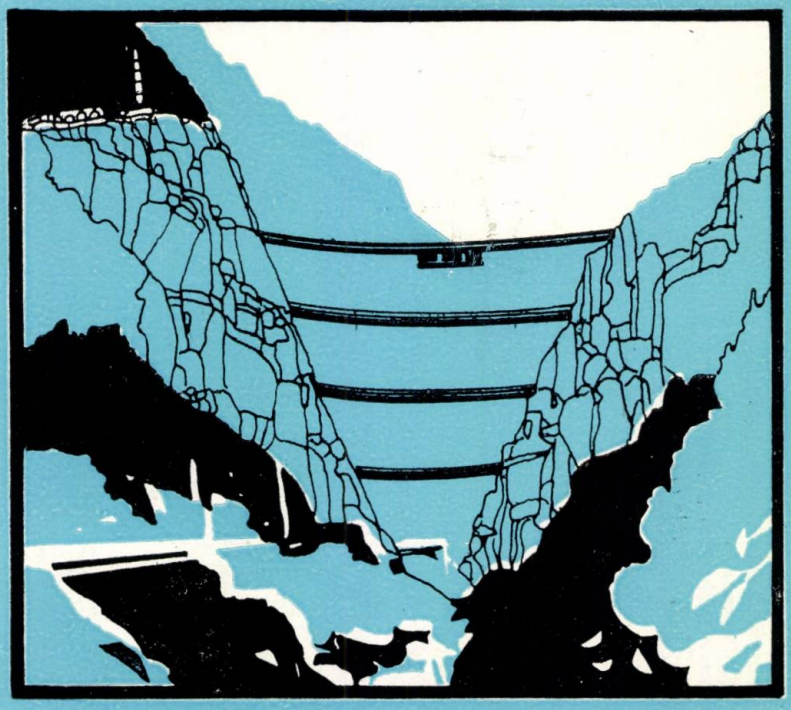
Ing. Paul Cartianu — I.S.P.E.

[1)] Monografia a fost elaborată pe baza materialului documenar transmis de tovarășul inginer L. Dellecase, directorul tehnic al Combinatului de Celuloză și Hîrtie Letea — Bacău, căruia îi mulțumim pentru colaborare.

TAGCH

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCURESTI

STR. DIMITRIE ONCIUL NR. 23-25
SECTOR 2 COD: 70318
TELEFON: 35 54 70
TELEX: 10244 R



XECUTA :

LUCRARI DE CONSTRUCTII SI INSTALATII DIN CADRUL AMENAJARIL HIDROENERGETICE DE JOASA SI MARE CADERE :

- BARAJE DIN BETON, SAU DIN MATERIALE LOCALE
- CENTRALE HIDROELECTRICE
- GALERII HIDROTEHNICE
- PRIZE DE APA
- VOALURI DE ETANSARE PRIN INJECTAREA IN TEREN A SUSPENSIILOR DE CIMENT
- ECRANE DE ETANSARE, EXECUTATE CU INSTALATII KELLY, ELSE SAU PERETI SUBTIRI
- DIGURI

ROIECTEAZA :

- DETALII DE EXECUTIE A LUCRARILOR DE BAZA
- INSTALATII DE PRODUCERE SI PRELUCRARE A MATERIALELOR LOCALE
- INSTALATII TEHNOLOGICE
- PROIECTE TIP PENTRU ORGANIZARE DE SANTIER
- UTILAJE PENTRU AUTODOTARE

TechnoCommerz
Volkseigener Außenhandelsbetrieb
DDR-1086 Berlin
Johannes-Dieckmann-Straße 11/13
Telefon: 2240, Telex: 114977-8

1986 JAN 21

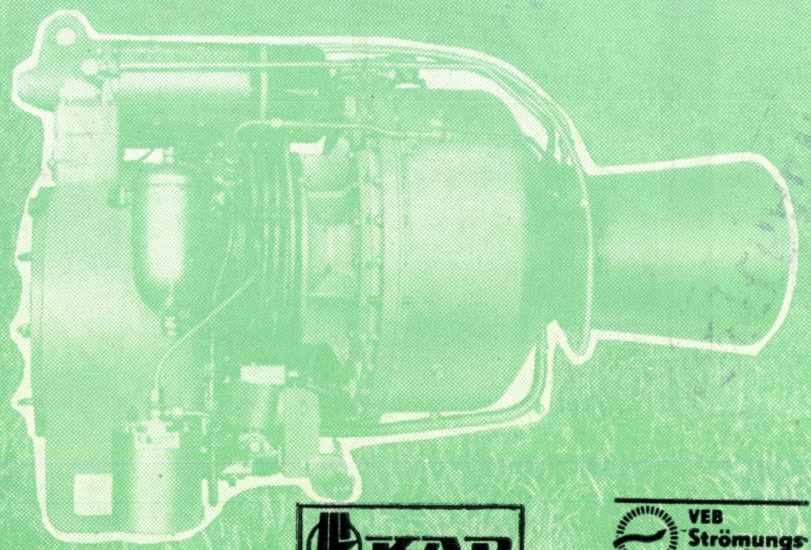
Apelaţi la noi:

TURBINA CU GAZE 028 DE 195 kW

un echipament de mare siguranţă în exploatare

Domenii de aplicare:

- agregate de pompare folosite în alimentări cu apă, pentru echipamentele de stingere a incendiilor, ambarcaţiuni pentru stingerea incendiilor ;
- grupuri generatoare pentru alimentare cu curent electric, de exemplu pentru alimentare cu curent de incercare şi pornire ;
- grupuri generatoare electrice utilizate ca instalaţii de rezervă în caz de avarie la combinate agricole, hoteluri etc.



DEWAG DRESDEN

KAB

VEB Strömungsmaschinen

1985 JUN 28

E 2039

MW

REFERALVA Energia

R 1985 APR

11

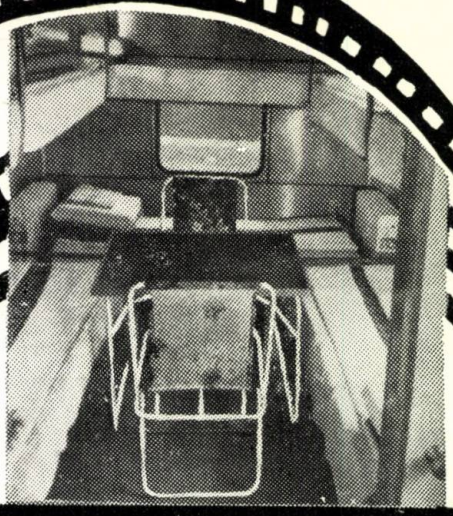
Energeticienii români întîmpină
CEL DE-AL XIII-LEA CONGRES
AL PARTIDULUI COMUNIST ROMÂN
cu noi și măreți realizări

energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREȘTI
NOIEMBRIE 1984

0 6 12 18 24

CIRE-URTAE-ROMAN



UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN

Execută :

- Remorci vestiar şi sală de mese tip RBVM-1, căsuţă transcontainer-vestiar şi sală de mese tip CTVM-1, destinate preparării şi servicii meselor calde pentru personalul muncitor, care lucrează temporar în locuri şi pe trasee izolate de aşezările omeneşti.
- Remorci pentru organizarea de şantier tip RBOS-1 şi căsuţe transcontainer pentru organizare de şantier tip CTOS-1, concepute ca sediu mobil înzestrat cu confort pentru desfăşurarea activităţilor de birou cît şi pentru odihna personalului de conducere a punctului de lucru, în cazul unor lucrări în locuri şi pe trasee izolate.

x
x x

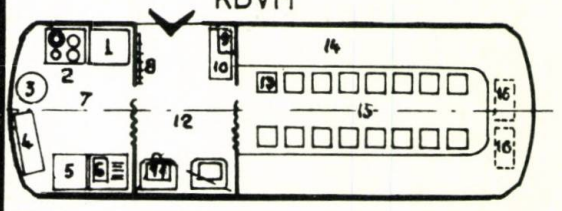
Remorcile şi căsuţele transcontainer vestiar şi sală de mese sînt deplasabile prin cuplare la cîrligul de tracţiune al autocamioanelor sau tractoarelor universale.

x
x x

Comenzile se trimit pe adresa :

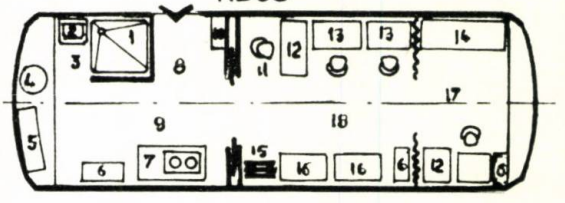
Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de ţevi, nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ, Telex 21244, tel. 12539, 12350, 13935

RBVM



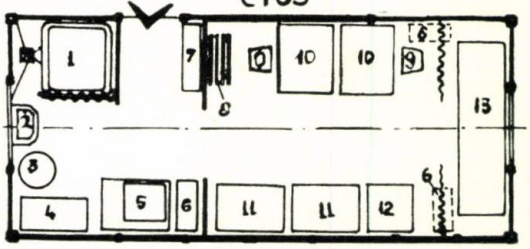
1 – dulap două uşi
2 – plită + cuptor electric
3 – boiler
4 – rezervor apă
5 – masă preparare
6 – spălător
7 – bucătăria
8 – cuier
9 – tablou electric
10 – radiator
11 – chiuvete
12 – vestibul + spălător
13 – tabureţe
14 – blat pentru servit masa
15 – compartiment sală mese
16 – radiatoare

RBOS

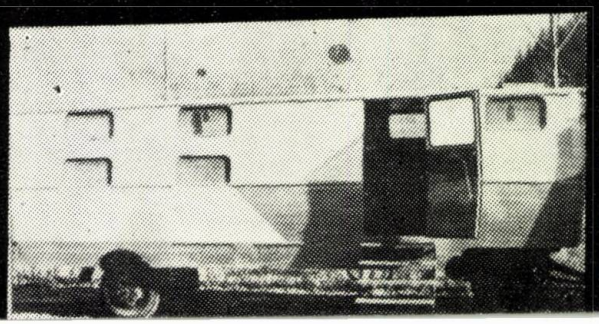


1 – cuvă fontă-duş
2 – chiuvetă
3 – comp. baie
4 – boiler
5 – rezervor
6 – radiator
7 – plită electrică
8 – vestibul
9 – loc prep. hrană
10 – tablou electric
11 – scaune
12 – birouri
13 – mese lucru
14 – paturi suprapuse
15 – cuier
16 – dulapuri metalice
17 – comp. dorm. birou
18 – comp. birou

CTOS



1 – compartiment baie
2 – chiuvetă
3 – boiler
4 – rezervor apă
5 – maşina de gătit
6 – radiatoare
7 – dulap încălţăminte
8 – cuier
9 – scaune
10 – birouri
11 – dulapuri acte
12 – dulap haine
13 – paturi suprapuse



1983

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ȘTIINȚIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 32 **11** NOIEMBRIE 1984

COLEGIUL DE REDACȚIE

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**
(redactor responsabil)
Dr. ing. **Nicolae Armencoiu**
(redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Gh. Bălan**
(redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Eugeniu Pavel**
(secretar de redacție)

Membri

Ing. **Paul Cartianu**
Dr. ing. **Jean Constantinescu**
Dr. ing. **Mario Duma**
Dr. ing. **Alexandru Florescu**
Ing. **Horia Furtunescu**
Ing. **Nicolae Georgian**
Ing. **Dan Iosifescu**
Dr. ing. **Gheorghe Luca**
Dr. ing. **George Manolescu**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Ing. **Ion Măiereanu**
Ing. **Nicolae Niculescu**
Ing. **Mihai Nistor**
Dr. ing. **Teodor Popa**
Ing. **Miron Popescu**
Dr. ing. **Victor Romert**
Ing. **Romulus Sfichi**
Ec. **Gheorghe Ursache**
Ing. **Romeo Zbarcea**

Revista ENERGETICA este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacția și administrația
București 74 568
Bd. Energeticienilor 8, sector 3
Telefon: 20 67 30; 21 46 30

Cd. 2537

I. P. Informația, str. Brezoianu, nr. 23—25, București, sector 1.

Cuprinsul

Directivele Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român privind dezvoltarea energeticii românești în Cincinalul 1986—1990 și pînă în anul 2000 485

ARTICOLE

Gheorghe Bălan, Alexandru Blada : Aspecte ale dezvoltării energiei electrice în S.U.A. 486—492

Constantin Dumitru, Daniela Dumitru : Energii vehiculate și stocate pe Terra 492—498

Alice-Anca Cocoș, Simona Zamfir : Aprecieri privind influența stării inițiale de ecruisare a alamelor asupra rezistenței lor la coroziune în exploatare (cu prezentare în limba engleză) 499—504

Ioana Golești eanu, Cornel Ungureanu : Unele aspecte privind utilizarea ultrasunetelor în procesul de ardere a prafului de cărbune 505—509

Fănică Vatră : Supratensiuni temporare la funcționarea unei linii lungi în gol (cu prezentare în limba engleză) 510—517

Apolon Mihailovici : Stabilizarea procesului de autoexcitație a hidrogeneratorului cu diode rotative 518—519

Romulus Sfichi, Dan Boșcoianu, Ovidiu Lungu, Constantin Paicu : Utilizarea pompelor centrifugale în regim de microturbine pentru echiparea microhidrocentralelor 520—525

DE LA COMITETUL NAȚIONAL ROMÂN AL CIGRE 526

DIN ISTORIA ELECTRIFICĂRII

100 de ani de la prima rețea de iluminat electric de pe teritoriul României 526—527

MINIMONOGRAFIE 527

RECENZIE 528

În revista „Energetica" se publică:

Articole

Informații referitoare la: publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice prin Oficiul de informare documentară pentru energetică.

Vasile Pleșca — șef OIDE

Ana Maria Chivu — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament anual: 144 lei; costul unui exemplar: 12 lei.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 2537

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

Readers from abroad can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă P.O. Box 12—201, telex 10376 prsfir. București, Calea Griviței nr. 64—66

СОДЕРЖАНИЕ

Директивы XIII-ого Съезда Румынской Коммунистической Партии по вопросу развития румынской энергетики в пятилетке 1980 — 1990 гг. и до 2000 года 485

Георге Бэлан, Александру Блада: Аспекты развития электроэнергии в США 486—492

Константин Думитру, Даниела Думитру: Энергия, используемая и накапливаемая на земле 492—498

Алис-Анка Кокош, Симона Замфир: Оценка влияния исходного состояния наклепа латуни на его коррозиевоустойчивость в эксплуатации (представление на английском языке) 499—504

Иоана Голештяну, Корнел Унгуряну: Некоторые вопросы связанные с использованием ультразвуков в процессе сжигания угольной пыли 505—509

Фэникэ Ватрэ: Временные перенапряжения при работе длиной линии в режиме холостого хода 510—517

Аполон Михайлович: Определение процесса самовозбуждения гидрогенератора с вращающимися диодами 518—519

Ромулус Сфики, Дорин Бошкояну, Овидю Лунгу, Константин Пайку: Использование центробежных насосов в микротурбинном режиме для оснащения микрогидростанций 520—525

ОТ РУМЫНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО КОМИТЕТА ВСЕМИРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ 526

ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ 526—527

МИНИМОНОГРАФИЯ 527

РЕЦЕНЗИИ 528

INHALTSVERZEICHNIS

Die Richtlinien des XIII. Kongresses der Rumänischen Kommunistischen Partei bezüglich der Entwicklung der rumänischen Energiewirtschaft während des Fünfjahrplanes 1986—1990 und bis im Jahre 2000 485

Gheorghe Bălan, Alexandru Blada : Aspekte der Elektroenergie-Entwicklung in den USA 486—492

Constantin Dumitru, Daniela Dumitru : Die Handhabung und Lagerung der Energieformen auf der Erde 492—498

Alice-Anca Cocoș, Simona Zamfir : Betrachtungen über den Einfluss des anfänglichen Kalthärtungsstandes der Messingarten auf ihre Korrosionsbeständigkeit im Betrieb (mit einer Kurzfassung in Englisch) 499—504

Ioana Goleșteanu, Cornel Ungureanu : Einige Aspekte der Anwendung des Ultraschalls bei der Verbrennung des Kohlenstaubes 505—509

Fănică Vatră : Zeitweilige Überspannnungen beim lastfreien Betrieb einer langen Linie (mit einer Kurzfassung in Englisch) 510—517

Apolon Mihailovici : Die Stabilisierung des Selbsterregungsvorgangs eines Hydrogenerators mit Umlaufdioden 518—519

Romulus Sfichi, Dorin Boșcoianu, Ovidiu Lungu, Constantin Paicu : Die Anwendung der Kreiselpumpen in Mikroturbinen-Regime für die Ausrüstung der Mikrowasserkraftwerke 520—525

VOM RUMÄNISCHEN NATIONALKOMITEE DER WELTENERGIEKONFERENZ 526

AUS DER GESCHICHTE DER ELEKTRIFIZIERUNG 526—527

MINIMONOGRAPHIEN 527

REZENSIONEN 528

SOMMAIRE

Les directives du XIII-ème Congress du Parti Communiste Rumain par le développement de l'énergétique roumaine dans le quinquennal 1986—1990 et jusquà l'année 2000 485

Gheorghe Bălan, Alexandru Blada : Aspects du développement de l'énergie électrique aux Etats-Units 486—492

Constantin Dumitru, Daniela Dumitru : Energies véhiculées et stockées sur la Terre 492—498

Alice-Anca Cocoș, Simona Zamfir : Appréciations sur l'influence de l'état initial de l'écrouissage des laitons sur leur résistance à la corrosion pendant l'exploitation (présentation en anglais) 499—504

Ioana Goleșteanu, Cornel Ungureanu : Certains aspects sur l'utilisation des ultrasons dans le combustion du poussière de charbon 505—509

Fănică Vatră : Surtensions temporaires pendant le fonctionnement à vide d'une longue ligne (présentation en anglais) 510—517

Apolon Mihailovici : Stabilisation du procès de l'autoexcitation du hydrogénérateur à diodes rotatives 518—519

Romulus Sfichi, Dorin Boșcoianu, Ovidiu Lungu, Constantin Paicu : L'utilisation des pompes centrifuges en régime de microturbines pour l'équipement des microhydrocentrales 520—525

DE LA COMITÉ NAȚIONAL ROUMAIN DE LA CONFÉRENCE MONDIALE DE L'ÉNERGIE 526

DE L'HISTORIE DE L'ÉLECTRIFICATION 526—527

MINIMONOGRAPHIE 527

COMPTE-RENDUS 528

SUMMARIES

The Directives of the XIII-th Congress of the Romanian Communist Party Regarding the Development of the Romanian Energy During the Five-Years-Plan 1986—1990 and up to the Year 2000

DC 621.3.016.4.004.1

Gheorghe Bălan, Alexandru Blada : Electric Energy Development Aspects in the USA

The paper contains a synthesis of US governmental agencies recently elaborated prognoses regarding the electricity generation and consumption up to the end of the century for this country, as well as some long-term development tendencies.

The electricity generation share of different primary energy sources (coal, oil, natural gas, nuclear, hydro and other non-conventional sources) are estimated as well as the consumption share of main users' cathegories, including the electricity share in the total primary energy amount used in the main activity branches (household, public, industrial).

[Energetica 32 (1984), nr. 11, p. 486—492]

DC 620.91

Constantin Dumitru, Daniela Dumitru : Energies Vehiculated and Stored on the Earth

The paper presents a synthesis of own calculations results and of the information obtained from literature regarding the energy sources of the Earth, some of which are liable for future uses.

The report gives a comparative quantitative image of the level of different energies connected to the existence of the Earth. The global available share of different recoverable energy sources correlated to the energy flux density at the Earth surface level is presented graphically. The energy flows densities for different energy vectors are given in tables.

The need of long term valid solutions for the energy problem on the Earth results from the paper as well as the need to stop the spills and to save fuels and energy.

[*Energetica 32 (1984), nr. 11, p.* 492—498]

DC 621.3.046.2 ; 621.315.671 ;620.193

Alice-Anca Cocoș, Simona Zamfir : Appreciations Regarding the Influence of the Initial Cold Hardening State of Brass on its Corrosion Resistance in Operation (with a short presentation in English)

The report presents the damages manners of heat exchangers pipes in operation induced by the cold hardening state of the material and by the operation strains. The necessity to analyze the initial quality requirements of pipes during mounting is justified as well as the importance of construction and operation conditions of the analyzed equipment. Some practical recommendations for avoiding cracking stress corrosion and material fatigue of brass and copper alloy pipes of heat exchangers from thermal power plants are given.

[*Energetica 32 (1984), nr. 11, p.* 499—504]

DC 662.63/33 ; 662.61 ; 620.179.16

Ioana Goleșteanu, Cornel Ungureanu : Some Aspects of Ultrasounds Use in Coal Dust Burning Processes

The paper presents theoretic considerations regarding the coal particles burning speed underlining the possibility of intensifying this process by using ultrasounds. An installation equipped with a Hartmann ultrasounds generator was built and the improvement of the heat and matter exchange in the presence of ultrasounds was demonstrated practically.

[*Energetica 32 (1894), nr. 11, p.* 505—509]

DC 621.315.1 ;621.3.015.3

Fănică Vatră : Temporary Overvoltages During the No-Load Operation of Long Lines (with a short presentation in English)

The decrease of the insulation protection and holding level depending on the rated voltage as a result of the electric network rated voltage increase outlines the importance of temporary overvoltages, by the fact that they are oscillations maintained in time and they influence thus the conception and operation of some equipment (discharging equipment, transformers, etc.). It is also the determining factor in the discharging equipment choice, in the choice and coordination of the protected equipment insulation. Thus the study of phenomena generating temporary overvoltages, the determining of occurence circumstances, of the amplitudes and frequencies of these overvoltages, of the amplitudes and frequencies of these overvoltages, of the means and measures to reduce the amplitude and their duration appears as a necessity of the utmost importance.

The paper presents the methods to determine temporary overvoltages generated by the no-load operation of a lin and an analysis of their amplitudes variations depending o the different parameters variation presenting as well as serie of calculations results for practical 400 and 750 kV networ situations.

The paper also analyzes the means to decrease the amplitudes of this type of temporary overvoltages (mainly th transversal compensation with resistance coils).

[*Energetica 32 (1984), nr. 11, p.* 510—517]

DC 621.313.12 :621.3.013.62

Apolon Mihailovici : The Self-Excitation Process Stabilization for the Rotative Diodes Hydrogenerator

A pre-excitation system for the rotative diodes hydrogenerator using as a source the permanent magnet pilot alternator of the hydrogenerator.

The necessity of pre-excitation, i.e. of the artificial remanent voltage increase has occured as a result of its low level at the ac current excitation. In this situation the resistance of rotative diodes is maintained at a high value while the self-excitation process start-up can be achieved only with an external dc source. The later development of the self-excitation process becomes unstable after removing the external dc source.

Using the permanent magnet pilot generator and a low power rectifier bridge connected continuously to the ac excitation the necessity for an external source is excluded but the stable self-excitation of the hydrogenerator is still provided.

[*Energetica 32 (1984), nr. 11, p.* 518—519]

DC 621.311.321 ; 621.67.005

Romulus Sfichi, Dorin Boșcoianu, Ovidiu Lungu, Constantin Paicu : The Use of Rotary Pumps in Microturbine Regime for Equipping Microhydropower Plants

The paper refers to the performances of rotary pumps which can be operated reversibly, as turbines in microhydropower plants. The typified pumps series BRATES produced at the Enterprise Aversa Bucharest is analysed specifically, and on the basis of the universal topogram of these pumps, operating in turbines regime, the conclusions are drawn, which state the possibility for a successful application in equipping microhydropower plants.

Thus the efficiency of turbine regimes operated BRATES pumps is smaller with 1—1.5 % than the one of pumps operation regime. Finally, the basic elements of the microhydropower plant Grigorești project, district Suceava, are presented ; the plant is designed to be equipped with a Brateș 250 pumps and automation equipment already built without needing permanent survey personnel.

[*Energetica 32 (1984), nr. 11, p.* 520—525]

FROM THE ROMANIAN NATIONAL COMMITTEE OF THE WEC 526

FROM THE HISTORY OF ELECTRIFICATION 526—527

MINIMONOGRAPHIES 527

REVIEWS 528

Directivele Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român privind dezvoltarea energeticii românești în cincinalul 1986—1990 și pînă în anul 2000

Directivele Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român cu privire la dezvoltarea economico-socială a României în cincinalul 1986—1990 și orientările de perspectivă pînă în anul 2000, document programatic de o excepțională valoare teoretică și practică, elaborat cu clarviziune și profund spirit creator sub conducerea secretarului general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, au o importanță covîrșitoare pentru destinul colectiv al națiunii noastre socialiste. Ele conturează cu claritate, pentru fiecare domeniu al construcției socialiste, obiectivele de atins, căile și mijloacele de realizare, stabilind deopotrivă cele mai moderne și eficiente forme de organizare și conducere în concordanță cu condițiile specifice ale României, prin aplicarea creatoare a principiilor socialismului științific.

Directivele definesc strategia dezvoltării viitoare a țării noastre, relevă cu putere capacitatea de creație a partidului, rolul său istoric în făurirea unei civilizații superioare și imprimă un nou și puternic dinamism întregii activități economice, sociale și politice românești de edificare a socialismului și comunismului în patria noastră. Sînt definite cu claritate atît obiectivul fundamental al planului cincinal 1986—1990, cît și orientările și sarcinile principale ce vor fi înfăptuite în conformitate cu obiectivul stabilit.

În cadrul documentului programatic pus în dezbaterea comuniștilor, a întregului popor, pentru a fi adoptat la Congresul al XIII-lea al partidului, energetica se bucură de o deosebită atenție, ca unul din sectoarele de importanță vitală pentru întreaga activitate economico-socială a partidului și statului nostru. Pornind de la cerințele economiei naționale și luînd în considerație implicațiile crizei energetice mondiale, Directivele prevăd orientări realiste și măsuri menite să asigure înfăptuirea neabătută a Programului energetic elaborat de partid. Astfel, în cadrul obiectivului fundamental stabilit în Directive, se prevăd sarcinile: „... Economisirea strictă și valorificarea superioară a materiilor prime, combustibililor și energiei, recuperarea și refolosirea resurselor rezultate din procesele de producție și consum ..." precum și "lărgirea în continuare a bazei energetice și de materii prime, asigurînd înfăptuirea integrală a prevederilor programelor adoptate în acest domeniu" [1])

Orientările în dezvoltarea prioritară a energeticii românești, hotărîrile adoptate în acest sens, exprimă grija permanentă a partidului și statului nostru, personal a tovarășului Nicolae Ceaușescu pentru soluționarea uneia dintre problemele fundamentale ale dezvoltării economiei noastre naționale, ale înfăptuirii Programului de edificare a societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintare a României spre comunism. Creșterea continuă a bazei de materii prime și energetice proprii constituie coordonate esențiale ale strategiei dezvoltării economico-sociale. Intensificarea punerii în valoare a potențialului hidroenergetic al României va permite ca în deceniul viitor să fie practic terminate lucrările de organizare hidroenergetică a teritoriului, asigurîndu-se folosirea complexă a resurselor de apă pentru producția de energie electrică, nevoile industriei, agriculturii și pentru consumul populației.

O atenție deosebită se va acorda extinderii utilizării cărbunilor și șisturilor bituminoase în centralele termoelectrice, combustibili care vor trebui să asigure în anul 1990 o producție de energie electrică de aproape 38 miliarde kWh. Se prevede extinderea exploatării lignitului în cariere de mare capacitate, trecerea la valorificarea șisturilor combustibile.

În cadrul procesului de formare a unei economii moderne, capabilă a elimina decalajele economice care despart țara noastră de țările industrializate, o atenție deosebită se acordă dezvoltării bazei energetice, în general, și a sistemului electroenergetic, în special. În perioada ce a urmat Congresului al IX-lea al partidului, problematica energetică a format obiectul preocupărilor continue ale conducerii superioare de partid și de stat. La congresele X, XI și XII ale partidului au fost stabilite obiectivele și orientările principale în domeniul dezvoltării energiei. La Congresul al XII-lea a fost adoptat „Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000". Conferința Națională a partidului, din decembrie 1982, a făcut o amplă analiză și a stabilit măsurile ce caracterizează politica energetică a României pînă în anul 1990. Congresul al XIII-lea al partidului, prin Directivele sale, stabilește obiectivele și prioritățile care caracterizează conținutul politicii de dezvoltare energetică a țării noastre în cincinalul 1986—1990 și pînă în anul 2000.

În viitorul cincinal se vor realiza, pe baza Directivelor Congresului al XIII-lea al partidului nostru, importante obiective hidroenergetice pe Dunăre și pe rîurile interioare: Olt, Sebeș, Rîul Mare, Cerna, Bistrița, Siret. Totodată, se vor realiza primele unități nuclearoelectrice: la Cernavodă, în Moldova și în centrul Transilvaniei. În cadrul producției de energie electrică se vor realiza în anul 1990 21—22 miliarde kWh în centrale nuclearoelectrice. Concomitent cu dezvoltarea producției energetice, se va acționa cu toată hotărîrea pentru reducerea consumurilor și utilizarea energiei cu înaltă eficiență economică.

În vederea asigurării independenței energetice a țării, Directivele prevăd creșterea producției tuturor tipurilor de resurse energetice cunoscute, asimilarea și dezvoltarea unor surse alternative de energie și, cu prioritate, energia nucleară. Se are în vedere intensificarea prospecțiunilor, în cursul cincinalului viitor, pentru creșterea fondului național de rezerve geologice în domeniul hidrocarburilor, cărbunilor, șisturilor bituminoase, minereurilor de uraniu, resurselor geotermale. Odată cu asigurarea condițiilor tehnologice pentru funcționarea optimă a centralelor termonucleare în curs de realizare, vor fi amplificate cercetările privind noile generații de reactoare inclusiv cu neutroni rapizi, precum și fuziunea termonucleară controlată.

Directivele prevăd intensificarea activității de cercetare pentru obținerea economică a hidrogenului și a altor purtători de energie, concomitent cu valorificarea largă a resurselor energetice refolosibile și înlocuirea tehnologiilor mari consumatoare de energie. „Vor fi luate măsuri pentru elaborarea, introducerea și generalizarea tehnologiilor cu randamente ridicate, asigurîndu-se diminuarea consumului energetic pe unitatea de venit național cu peste 20% în 1990 față de 1985". Se prevede, de asemenea, perfecționarea tehnologiilor pentru folosirea surselor noi de energie: a soarelui, a vîntului, biomasei, apelor geotermale, a energiei valurilor. Valorificarea superioară a acestor resurse asigură creșterea continuă a eficienței lor energetice și economice și asigurarea condițiilor materiale necesare pentru introducerea lor pe scară largă prin extinderea industrializării producerii elementelor lor componente și a realizării instalațiilor aferente.

Prin dezvoltarea bazei energetice și de materii prime, în cincinalul 1986—1990 și în deceniul viitor, se asigură cadrul general de dezvoltare și modernizare a economiei naționale, care să permită dezvoltarea armonioasă a tuturor localităților și județelor țării și să ducă la înfăptuirea obiectivelor economice, sociale și politice de ridicare a calității vieții membrilor societății noastre. Directivele Congresului al XIII-lea al partidului contribuie la stimularea inițiativei muncitorești, la ridicarea continuă a pregătirii profesionale, la generalizarea experienței înaintate, la formarea și dezvoltarea conștiinței revoluționare, care reprezintă direcții majore pentru formarea convingerilor comuniste la toți oamenii muncii, pentru edificarea societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintarea României spre comunism.

---

[1]) Directivele Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român cu privire la dezvoltarea economico-socială a României în cincinalul 1986—1990 și orientările de perspectivă pînă în anul 2000. București, Editura politică, 1984.

Aspecte ale dezvoltării energiei electrice în S.U.A.

Dr. ing. Gheorghe Bălan, ing. Alexandru Blada *

Introducere

Cu aproape o treime din producția mondială, Statele Unite sînt cel mai mare producător și consumator de energie electrică din lume. Direcțiile de dezvoltare din această țară pot influența în mod direct, economic, sau indirect, tehnologic, evoluțiile industriei energiei electrice în restul lumii sub diferite aspecte : ritmuri de creștere, structura producției și a consumului, tehnologii noi de producere a energiei electrice și altele.

Într-un articol precedent [6] au fost prezentate previziunile americane asupra evoluției energetice mondiale pînă la sfîrșitul actualului deceniu. În cadrul general al acelorași premise și modele energetice, articolul de față prezintă prognoza evoluției energiei electrice în Statele Unite pînă la sfîrșitul deceniului și o privire generală asupra unor posibile tendințe pentru viitorul mai îndepărtat. Toate datele sînt calculate în ipoteza unei evoluții medii a prețului mondial al petrolului, însă trebuie precizat de la bun început că abaterile de la valorile medii , în limitele prețurilor înalte și coborîte ale petrolului pe piața mondială, nu influențează prognozele asupra valorii totale a producției și consumului de energie electrică în S.U.A. decît cu mai puțin de ±1%.

2. Evoluția structurii producției de energie electrică

Ca urmare a scăderii cererii de energie electrică în industrie, după criza petrolului din anul 1973, ritmul de creștere a producției de energie electrică după această dată a scăzut continuu, ajungînd de la 7% pe an înainte de 1973 la sub 2% pe an în 1979 și chiar la o scădere în cifre absolute în anul 1982. Pentru viitor (tabelul 1) se prevede o creștere anuală de aproximativ 3%. Cea mai mare parte a energiei electrice va fi produsă de centralele cu cărbune și centralele nuclearoelectrice. În condițiile în care consumul total de energie primară în S.U.A. între anii 1980 și 1990 nu va crește decît cu 6%, consumul de energie primară pentru producerea de energie electrică va spori cu 33% în același interval de timp, trecînd de la 31,9% în 1980 la 40% în 1990 din totalul energiei primare consumate. Față de epoca „petrolului ieftin" ponderea cărbunilor ca sursă de energie electrică a crescut considerabil pe seama petrolului și a gazelor, dar începînd cu anul 1985 lucrurile se vor stabiliza. Se prevede o ușoară tendință de scădere a ponderii cărbunilor de la 53%, valoare maximă atinsă în 1982, la mai puțin de 51% în 1990, deși în aceeași perioadă cantitatea de cărbuni utilizată pentru producerea de energie electrică va crește cu circa 29%. De altfel, după cum se vede din tabelul 2, ponderea cărbunilor utilizați în centralele electrice din totalul cărbunilor utilizați ca sursă primară de energie, urmează aceeași tendință. Cărbunele este în primul rînd producător de energie electrică, în proporție de peste 80%, în timp ce din gazele naturale utilizate în scopuri energetice doar 10—15% vor servi producerii de energie electrică. Situația este asemănătoare în cazul petrolului.

Se prevede o creștere a cantității de cărbune consumat în centrale electrice de la 437 milioane t c.c. în 1980 la 589 milioane t c.c. în 1990. În acest timp ponderea cărbunilor cu conținut ridicat de sulf va scădea de la 37% la 35 %, ceea ce înseamnă că din cantitatea suplimentară de cărbune consumat la sfîrșitul deceniului, doar mai puțin de 29% va fi formată din cărbune cu conținut înalt de sulf. Scăderea se datorează restricțiilor asupra emisiilor impuse centralelor care au primit autorizație de construcție înainte de anul 1978. În caz că ar arde cărbune cu sulf mult, aceste centrale ar trebui prevăzute cu instalații costisitoare de control și reducere a emisiilor de ardere. Centralele pe cărbune care au primit autorizația de construcție după anul 1978 sînt supuse unor norme mai severe privind controlul emisiilor, care cer ca toate centralele să fie dotate cu instalații de desulfurare a gazelor de ardere. Pentru aceste centrale arderea cărbunilor cu conținut ridicat de sulf ar putea fi din nou atractivă, însă datorită timpilor lungi de realizare a investiției, puține din aceste centrale vor apuca să intre în funcțiune pînă la sfîrșitul actualului deceniu.

Alături de cărbune, energia nucleară tinde să devină a doua sursă importantă pentru producerea energiei electrice. În tabelul 1 conversia acesteia în tone combustibil convențional echivalent s-a făcut luînd în considerație căldura produsă de reactorul nuclear. Ritmul ei de creștere este cel mai mare și se menține constant pînă spre sfîrșitul deceniului (fig. 1), datorită grupurilor nuclearoelectrice comandate înainte de anul 1978 și care vor continua să intre în funcțiune în acest deceniu.

* Dr. ing. Gheorghe Bălan este cercetător științific principal gr. I la ICEMENERG, ing. Alexandru Blada este cercetător științific principal gr. II la același institut.

Tabelul 1

Consumul de energie primară pentru producerea energiei electrice

Felul energiei	U.M.	1970	1975	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990
TEPC din care :	mil. t.c.c.	2429	2548	2736	2763	2780	2782	2819	2854	2898
TEPCEE din care :	mil. t.c.c.	587	730	874	981	1015	1047	1085	1117	1160
% din TEPC	%	24,2	28,6	31,9	35,5	36,6	37,6	38,6	39,2	40,0
Cărbune	mil. t.c.c.	261	317	437	510	521	531	545	562	587
% din TEPCEE	%	44,5	43,4	50,0	52,0	51,3	50,7	50,2	50,3	50,6
Petrol	mil. t.c.c.	76	115	96	149	152	151	151	142	143
% din TEPCEE	%	12,9	15,8	11,0	15,2	14,9	14,4	13,9	12,7	12,3
Gaze naturale	mil. t.c.c.	146	115	137	61	61	63	67	78	86
% din TEPCEE	%	24,9	15,8	15,7	6,2	6,0	6,0	6,2	7,0	7,4
Nucleară	mil. t.c.c.	9	68	96	148	168	189	208	220	228
% din TEPCEE	%	1,5	9,2	11,0	15,1	16,7	18,1	19,2	19,7	19,7
Hidro și altele	mil. t.c.c.	95	115	108	113	113	113	114	115	116
% din TEPCEE	%	16,2	15,8	12,3	11,5	11,3	10,8	10,5	10,3	10,0
TEEP	TWh	1532	1918	2287	2593	2692	2780	2881	2971	3083
Consum specific	gcc / kWh	383	381	382	378	377	376	376	376	376

Notații :
TEPC : total energie primară consumată ;
TEPCEE : total energie primară consumată pentru producerea energiei electrice ;
TEEP : total energie electrică produsă la ieșirea din centrală.

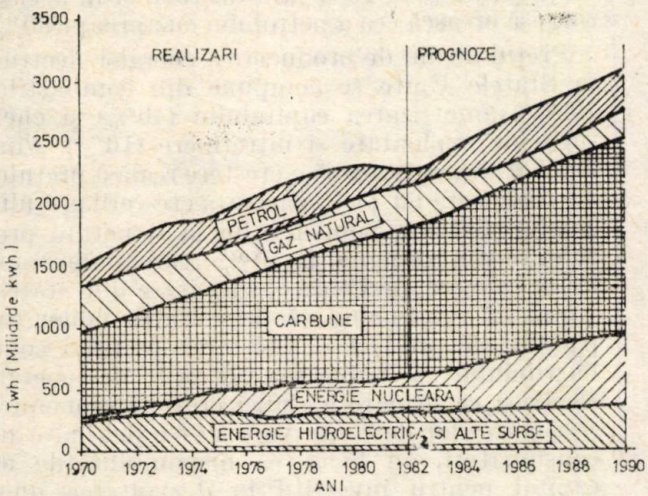


Fig. 1. Variația repartiției pe surse primare a producției de energie electrică în S.U.A.

După anul 1978 nu a mai fost comandat nici un grup nuclearoelectric ; mai mult decît atît, o parte din cele comandate anterior au fost anulate. Această lipsă de interes față de energetica nucleară în S.U.A. se datorește în primul rînd faptului că măsurile de securitate impuse în urma accidentului de la CNE Three Miles Island au ridicat costul energiei nuclearoelectrice și au redus din competitivitatea ei economică față de alte tipuri de centrale electrice destinate acoperirii bazei curbei de sarcină.

Cantitatea de energie hidroelectrică se va menține cvasiconstantă și în consecință ponderea ei în totalul energiei electrice produse se va diminua pe măsură ce aceasta va crește. Din tabelul 3 se observă că, după 1985, puterea nou instalată în centrale hidroelectrice va fi relativ scăzută și ea va compensa parțial scăderea puterii disponibile în centralele mai vechi. Se prevede o creștere însemnată a puterii instalate în centralele hidroelectrice cu pompaj, dar datorită numărului redus de ore de funcționare la vîrf, contribuția acestora în energie va fi foarte redusă.

Aportul adus de „alte" surse de energie electrică, prin care se înțelege în primul rînd energia geotermică și unele centrale utilizînd reziduuri lemnoase și menajere este cu totul neînsemnat — în jur de 0,1% — și va rămîne astfel pînă în anul 1990.

Ar fi fost de așteptat ca marile creșteri de prețuri ale hidrocarburilor să conducă la o

Tabelul 2

Ponderea consumului de energie pentru producerea energiei electrice în consumul total de energie primară, pe purtători de energie

Felul sursei	U.M.	1970	1975	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Cărbune	%	54,8	68,5	76,9	81,2	81,5	81,4	81,2	81,0	81,0
Petrol	%	7,1	9,7	7,8	11,4	11,7	11,9	12,1	11,5	11,6
Gaze naturale	%	18,6	16,0	18,7	11,0	11,1	11,5	11,9	13,5	14,5

Tabelul 3

Noile capacităţi energetice, în GW

Tipul centralei	1980—84	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1985—90
Centrale pe cărbune	48,7	10,52	4,92	6,20	7,75	9,54	9,27	48,20
Centrale pe hidrocarburi	2,9	0,01	—	—	0,05	—	—	0,06
Turbine cu gaze	2,3	0,15	0,07	0,10	0,05	0,14	0,10	0,61
Hidro cu acumulare	4,0	0,48	0,19	0,10	0,23	0,08	—	1,08
Hidro cu pompaj	1,8	1,05	2,05	2,32	—	0,96	0,15	6,53
Centrale nucleare	23,5	9,18	14,45	4,91	10,06	2,36	—	40,96
Capacitate medie/an	16,6							16,2

creştere şi mai susţinută a contribuţiei cărbunilor şi energiei nucleare la creşterea producţiei electrice. Acest lucru nu se poate întîmpla deoarece creşterea capacităţii electroenergetice este limitată de durata mare de realizare a centralelor nuclearoelectrice şi a celor pe cărbune (11 la 13 ani, respectiv 7 la 9 ani), astfel că pînă la finele deceniului vor putea intra în funcţiune doar acele grupuri care sînt în prezent în curs de realizare. Chiar cu aceste constrîngeri, 90% din capacitatea ce va intra în funcţiune în cursul acestui deceniu va fi constituită din grupuri pe cărbune şi nuclearoelectrice. Restul va fi formată aproape în întregime (6,2%) din turbine cu gaze şi centrale hidroelectrice cu pompaj destinate a funcţiona ca grupuri de vîrf. Puterea nou instalată în centrale cu cazane de abur cu hidrocarburi este practic zero. Cu toate acestea şi cu toate că fluctuaţiile preţului mondial al petrolului au o influenţă mică asupra cantităţii totale de hidrocarburi utilizate în centralele electrice, aceste fluctuaţii pot determina schimbări sensibile în raportul petrol-gaze naturale, utilizate pentru producerea energiei electrice. Această sensibilitate este determinată de flexibilitatea cu care majoritatea centralelor pot arde fie gaze, fie păcură. Uşoara scădere a preţului petrolului pe piaţa internaţională începînd cu anul 1983, combinată cu creşterea preţului intern al gazelor, a făcut ca ponderea gazelor în structura energiei electrice să scadă cu peste 50% în 1985 faţă de 1980 şi în acelaşi timp să crească cea a petrolului cu aproape 30%.

Preţul mediu de producere a energiei electrice în Statele Unite se compune din combustibil (44%), amortizarea capitalului (40%) şi cheltuieli de exploatare şi întreţinere (16%). Pînă în 1990 se prognozează o creştere reală a preţului de producere cu 11%, datorată creşterii preţului combustibilului, ponderea lui în structura preţului mediu ajungînd la 50%. Aproape în totalitate întreprinderile de electricitate din Statele Unite îşi autofinanţează dezvoltarea noilor capacităţi de producere. Creşterea preţului combustibilului şi reducerea cererii de energie electrică ca urmare a slabei creşteri economice şi a măsurilor de conservare a energiei luate de consumatori, au făcut ca disponibilităţile de capital pentru investiţii în dezvoltarea unor capacităţi noi să fie mai reduse în anii din urmă, în special în ultimii ani ai deceniului trecut; situaţia s-a mai îmbunătăţit într-o oarecare măsură după anul 1981 sub influenţa scăderii ratei inflaţiei şi a unei politici federale mai stimulative în domeniul energiei electrice.

Consumul specific mediu de combustibil convenţional pentru producerea energiei electrice în Statele Unite este în jur de 380 grame c.c./kWh,

cu o ușoară tendință de scădere în viitor, ca urmare a creșterii ponderii grupurilor nucleare de mare putere (vezi tabelul 1). Consumul specific mediu al centralelor cu combustibili fosili se menține în toată perioada 1980—1990 constant, la valoarea de 380 grame c.c./kWh. Este însă de menționat că aceste valori ale consumurilor specifice se referă la energia electrică livrată la bornele centralei, deci includ și valoarea consumului de energie electrică al serviciilor proprii ale centralelor.

O influență apreciabilă asupra consumurilor specifice medii și deci asupra consumului total de energie primară, în special petrol și gaze, o poate avea modificarea în viitor a formei curbei de sarcină. O eventuală aplatisare a vîrfurilor de sarcină va însemna o încărcare mai constantă a centralelor de bază pe cărbune și o reducere a numărului de porniri-opriri și ore de funcționare a grupurilor de vîrf pe gaze și petrol, cu efecte pozitive atît asupra reducerii consumului de hidrocarburi, cît și a consumurilor specifice.

Pentru unele regiuni în S.U.A. — orașul New York și unele state din Noua Anglie — o sursă relativ importantă de energie electrică o reprezintă importul din Canada, deși la nivelul întregii țări acest import nu reprezenta decît mai puțin de 2% în anul 1980. Vastul potențial hidroenergetic canadian în curs de amenajare ar putea alimenta, în viitorul mai îndepărtat, părți însemnate din teritoriul Statelor Unite cu energie electrică, dacă climatul economic și politic se va menține favorabil. Pentru actualul deceniu nu se prevede însă mai mult decît o dublare a cantității de energie electrică importată din Canada.

2. Evoluția structurii consumului de energie electrică

Consumul de energie electrică al Statelor Unite este repartizat în mod convențional pe patru mari sectoare : casnic, comercial (public), industrial și transporturi. După cum se vede din tabelul 4 primele trei sectoare își împart într-un mod destul de echilibrat aproape întregul consum, cel de-al patrulea, transporturile, fiind un consumator de energie electrică cu totul neînsemnat. De altfel, în tabelul 5, în care sînt trecute procentele cu care energia electrică participă — nu direct, ci prin consumul de energie primară necesară producerii ei — la totalul consumului de energie primară al fiecărui sector de activitate, sectorul transporturi nici nu a mai fost figurat, deoarece pentru acest sector procentul este sub 0,1% (de ordinul 0,055 % dintr-un consum de energie primară total de 660 milioane tone c.c. în anul 1985).

Totalul energiei electrice consumate (tabelul 5) este diferit de totalul energiei electrice produse (tabelul 1), diferența fiind reprezentată, în principal, de pierderile de transport și distribuție, precum și de energia importată din Canada și alte mici cantități de energie electrică neluate în considerare. În anii din urmă valoarea pierderilor în rețele a variat mult de la un an la altul : 9,2% în 1980 ; 7,7% în 1981 ; 8,2% în 1982, în funcție de alte considerente privind economicitatea producerii energiei electrice care au impus volumul tranzitului de energie. Este de așteptat o evoluție asemănătoare și în viitor.

În totalul energiei primare consumate ponderea energiei consumate direct scade în toate sectoarele cu excepția transporturilor, în favoarea energiei consumate sub formă de electricitate. Acest fapt și explică, de altfel, ritmul de creștere al consumului și producției de energie electrică mai pronunțat decît ritmul creșterii energetice pe ansamblu. Creșterea a fost mai slabă în sectorul industrial în perioada 1980—1985, atît ca urmare a slăbirii activității economice, cît și ca urmare a aplicării unor măsuri de conservare a energiei. Se așteaptă ca după 1985 sectorul industrial să-și recapete ponderea pe care a avut-o înainte de declanșarea crizei economice. Dar chiar în această conjunctură consumul de energie electrică în industrie a

Tabelul 4

Repartiția consumului de energie electrică pe sectoare de activitate

Sectorul	U.M.	1975	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Total consum din care :	TWh	1748	2095	2363	2454	2534	2625	2708	2812
Casnic	TWh	588	718	774	796	817	837	859	880
% din total consum	%	33,6	34,3	32,8	32,5	32,3	31,9	31,7	31,2
Public (comercial)	TWh	469	559	692	720	744	764	788	815
% din total consum	%	26,9	26,7	29,3	29,3	29,3	29,1	29,1	29,0
Industrial	TWh	688	815	894	935	970	1021	1058	1114
% din total consum	%	39,3	38,9	37,8	38,1	38,3	38,9	39,1	39,7
Transporturi	TWh	3	3	3	3	3	3	3	3
% din total consum	%	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabelul 5

Ponderea consumului de energie prin intermediul energiei electrice în totalul consumului de energie primară a sectoarelor de activitate

Sectorul de activitate	U.M.	1975	1980	1985	1990
Casnic	%	21,0	26,2	28,7	32,4
Public (comercial)	%	29,9	32,4	35,8	40,5
Industrial	%	4,3	5,6	6,0	8,2

crescut mai rapid decît consumul total de energie primară; creșterea a fost însă mai lentă decît a consumului de energie electrică în sectoarele casnic și public (comercial). Totuși, consumul de energie electrică în industria Statelor Unite nu va depăși, pînă la sfîrșitul acestui deceniu, 10% din totalul energiei primare consumate în acest sector de activitate și nici 40% din totalul energiei electrice consumate în țară.

Sectoarele de activitate în care energia electrică s-a impus cu rol dominant în S.U.A. sînt sectorul casnic și cel public (comercial).

Din tabelul 6 rezultă evoluția ponderii diverselor categorii de consumatori sau utilizări electrice în structura energiei electrice consumate de cele două sectoare: casnic și public (comercial).

Modificări importante în repartizarea energiei electrice nu sînt de așteptat în anii următori.

În consumul casnic, ca urmare a introducerii pe scară din ce în ce mai largă a pompelor de căldură, ponderea încălzitului electric va crește cu aproximativ două procente pe seama iluminatului și a altor utilizări electromenajere. Cantitatea de energie electrică utilizată va spori pentru toate categoriile de utilizări casnice în ritmuri anuale cuprinse între 2,5 și 3%, iar în cazul consumului pentru încălzire ritmurile vor fi mai multe decît duble.

În consumul public (comercial) repartiția pe categorii de consumatori se va menține aproape neschimbată în viitorul previzibil, cu o creștere anuală medie a consumului de energie electrică de 3—4%. La sfîrșitul deceniului peste 40% din energia primară consumată de acest sector de activitate va fi sub formă de energie electrică, fiind, de altfel, sectorul unde energia electrică s-a impus cu ponderea cea mai mare în totalul energiei primare consumate.

3. Tendințe pe termen lung

Într-o perspectivă mai îndepărtată dezvoltarea producției de energie electrică depinde, în primul rînd, de un larg ansamblu de factori economici, sociali și de mediu înconjurător, precum și de continuitatea disponibilității resurselor clasice pentru generare și numai în mod indirect de evoluția prețului petrolului pe piața internațională. În anul 2000 cărbunele, petrolul, gazele naturale și uraniul vor continua să furnizeze majoritatea puterii necesare. Energia hidroelectrică își va păstra încă o contribuție

Tabelul 6

Structura consumului de energie electrică al sectoarelor casnic și public (comercial) pe categorii de consumatori sau utilizări

Consumatori/utilizare	U.M.	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Sector casnic din care:	%	100	100	100	100	100	100	100
Încălzire (inclusiv pompe de căldură)	%	8,2	9,3	9,5	9,8	10,0	10,3	10,4
Apă caldă	%	11,7	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2	12,2
Aer condiționat	%	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,2	14,2
Iluminat, gătit, spălat etc.	%	65,8	64,4	64,1	63,8	63,5	63,3	63,1
Sector public (comercial) din care:	%	100	100	100	100	100	100	100
Instituții guvernamentale, iluminat public, depozite	%	13,3	13,6	13,6	13,6	13,6	13,7	13,7
Instituții publice: spitale, școli, penitenciare etc.	%	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
Birouri	%	38,2	37,9	38,2	38,2	38,2	38,3	38,3
Magazine comerciale	%	28,5	29,0	29,0	29,1	29,2	29,3	29,3
Hoteluri, moteluri, săli de spectacole, garaje publice etc.	%	14,4	13,8	13,5	13,4	13,3	13,1	13,0

semnificativă, deşi cota ei parte va fi în scădere. Pe lîngă tehnologiile de conversie actuale, noi tehnologii din cele aflate în prezent în stadiu de dezvoltare vor fi adoptate la scară industrială : arderea cărbunilor în pat fluidizat atmosferic, cicluri combinate cu gaze de putere calorifică redusă, celule de combustie alimentate cu petrol sau de la instalaţii de gazeificare a cărbunelui, reactoare nucleare suprageneratoare şi unele tehnologii pentru surse reînnoibile (vînt şi biomasă). Alte tehnologii care nu au atins încă un grad de maturizare avansat nu sînt de aşteptat că vor aduce o contribuţie semnificativă la balanţa electroenergetică pînă la sfîrşitul acestui secol. În rîndul acestora intră generatoarele magnetohidrodinamice, conversia electrică a energiei termice a oceanelor şi fuziunea nucleară.

În general, pătrunderea în exploatarea industrială a tehnologiilor noi de conversie în electroenergetica S.U.A. va depinde de competitivitatea lor în raport cu cele existente pentru asigurarea puterii de bază sau de vîrf şi de măsura în care ele vor putea fi fabricate la scară comercială. Dat fiind gradul mare de incertitudine care însoţeşte aceste condiţionări este aproape sigur că în viitorul previzibil industria energiei electrice se va baza în continuare pe cărbune şi pe fisiunea nucleară, încercînd să minimizeze, pe cît posibil, utilizarea hidrocarburilor. Această sarcină nu se va dovedi uşoară : restricţiile impuse asupra emisiilor şi limitările privind transportul cărbunilor vor mări costul energiei electrice produse prin arderea acestui combustibil, iar problemele de mediu înconjurător, de securitate şi neproliferare nucleară ar putea limita extinderea centralelor nuclearoelectrice.

În astfel de condiţii de incertitudine este posibil ca resurselor reînnoibile de energie, în pincipal energia solară şi energia vîntului, să le revină un rol mai mare decît cel anticipat.

Previziunile considerate ca cele mai probabile stabilesc următoarea repartiţie pe surse de energie electrică în anul 2000 : circa 80% energie din cărbune şi uraniu, 18% energie din hidrocarburi şi hidroelectrică, destinată cu prioritate acoperirii vîrfurilor de sarcină şi pînă la 2% energie din alte surse reînnoibile.

Un factor care ar putea conduce la stimularea utilizării cărbunelui în centrale electrice este răspîndirea în viitor, în Statele Unite, a centralelor de termoficare locale, de puteri relativ mici (50—300 MW), foarte potrivite din punctul de vedere al satisfacerii normelor severe de control al noxelor şi restricţiilor de amplasament existente în anumite zone de consum electric şi termic.

Pentru ca să înceteze stagnarea începută cu peste cinci ani în urmă în ceea ce priveşte comandarea de unităţi nuclearoelectrice şi să fie lansate comenzi pentru noi unităţi de către întreprinderile de electricitate din Statele Unite se consideră că trebuie îndeplinite cîteva condiţii principale :

— cererea de energie electrică să crească în mod susţinut ;

— energia nuclearoelectrică să rămînă competitivă faţă de energia electrică obţinută din cărbune ;

— să fie rezolvată problema depozitării pe termen lung a deşeurilor puternic radioactive ;

— să fie clarificate şi definitivate reglementările privind autorizarea amplasării şi dării în exploatare a centralelor nuclearoelectrice şi toate cerinţele privind securitatea nucleară ;

— să fie adoptată o politică financiară care să permită întreprinderilor de electricitate acumularea capitalului necesar marilor investiţii solicitate de realizarea centralelor nuclearoelectrice.

În ipoteza că toate aceste condiţii vor fi satisfăcute fără întîrziere, astfel încît infrastructura materială şi de personal calificat a industriei constructoare de echipamente nuclearoenergetice din S.U.A. să nu fie dizolvată şi reprofilată din lipsă de comenzi, sînt de aşteptat ritmuri înalte de dezvoltare a puterii nucleare (tabelul 7). Mai probabilă este însă dezvoltarea medie, ale cărei creşteri, după ultimele previziuni guvernamentale sînt mai puţin optimiste decît în previziunile întocmite în anii anteriori. Scenariul de dezvoltare nucleară scăzută este foarte pesimist ; el presupune o creştere slabă a produsului naţional brut şi a cererii de energie electrică şi o rată de adăugare a unor noi capacităţi nucleare, în plus faţă de cele aflate în prezent în construc-

Tabelul 7

Puterea totală instalată în centralele nuclearoelectrice din S.U.A.

Scenariul de dezvoltare nucleară	U.M.	1980	1985	1990	1995	2000
Dezvoltare nucleară scăzută	GW	53	72	112	113	110
Dezvoltare nucleară medie	GW	53	80	114	122	130
Dezvoltare nucleară înaltă	GW	53	90	121	127	140

ție, doar în măsura în care vor trebui înlocuite cele ce vor fi retrase din exploatare. Dar chiar și în cazul cel mai optimist puterea nucleară ce se așteaptă a fi dată în funcțiune în deceniul următor nu va reprezenta decît mai puțin de o treime din cea care va fi dată în funcțiune în acest deceniu. Acest fapt ar putea atrage după sine un efort deosebit de mare pentru creșterea utilizării cărbunelui în producerea energiei electrice în viitorul mai îndepărtat și accelerarea exploatării industriale a resurselor electroenergetice reînnoibile.

Bibliografie

[1] * * * *1982 Annual Energy Outlook*. Publicat de Energy Information Administration, Departamentul Energiei, S.U.A., mai 1983.

[2] * * * *1982 Annual Energy Review*. Publicat de Energy Information Administration, Departamentul Energiei S.U.A., aprilie 1983.

[23] Thomson, W. F., Karaganis, J. J. și Wilson, K. D. *Choice over Chance. Economic and Energy Options over the Future*. Praeger, New York, 1981.

[4] Landberg, H. H. ș.a. *Energy. The Next Twenty Years*. Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, 1979.

[5] Stobaugh, R. și Yergin, D. *Energy Future*. Report of the Energy Project at the Harvard Business School. Vintage Books, New York, 1980.

[6] Bălan, Gh., Blada, Al. *Prognoze energetice pînă la sfîrșitul acestui deceniu, elaborate în S.U.A. pentru unele zone ale lumii*. În: Energetica, nr. 9, 1984, p. 389—395.

Energii vehiculate și stocate pe Terra

Ing. Constantin Dumitru, fiz. Daniela Dumitru*

Introducere

În vederea perpetuării vieții pe planeta noastră, în condiții de sănătate și de pace pentru toți locuitorii săi se impune asigurarea în prezent și în viitor a unor necesități cum sînt: energia, materiile prime, hrana, apa, mediul ambiant nepoluant etc.

Dimensiunile Terrei și deci și resursele ei sînt finite, iar în condițiile creșterii rapide (cu aproximativ 1,7% pe an) a populației globului, concomitent cu o oarecare creștere a consumurilor pe locuitor, cerințele menționate vor fi din ce în mai greu de rezolvat. Chiar dacă pe viitor va apărea o stabilizare a populației planetei, aceasta se va face probabil la un nivel destul de ridicat (de ordinul a $12 \div 20$ miliarde de locuitori). Profesorul francez H. Lacombe [22] exprima cele spuse mai sus într-un mod foarte sugestiv, și anume: „umanitatea trebuie să se simtă ca îmbarcată pe o navă, ale cărei dimensiuni se micșorează în fiecare zi".

În prezent omenirea își asigură aproximativ 95% din consumul de energie primară pe baza arderii combustibililor fosili (petrol, cărbuni, gaze naturale), dar care sînt epuizabili pe termen relativ scurt. Pentru a asigura necesarul de energie pe termen lung va trebui ca treptat combustibilii fosili să fie înlocuiți cu alte resurse de energie: fie epuizabile, dar pe termen lung, fie cu caracter reînnoibil.

Punerea la punct și introducerea noilor tehnologii energetice va necesita timp și totodată investiții materiale și umane din ce în ce mai substanțiale.

Prezenta lucrare își are originea în unele întrebări proprii privitoare la potențialul diverselor resurse de energie ale Pămîntului, dintre care unele omenirea le-ar putea avea în vedere pentru satisfacerea nevoilor ei în viitor.

Informațiile — foarte diverse și eterogene — au trebuit unificate (cu privire la unitățile de măsură) și, de asemenea, ordonate și completate cu alte aspecte pe baza unor calcule proprii.

S-a realizat astfel o sinteză a datelor sub formă tabelară și grafică, care ne permite: să facem comparații mai directe și intuitive, privitoare la ordinul de mărime al diverselor resurse de energie, să punem în evidență mai ușor locul în care ne situăm în prezent și ne vom situa în viitor cu necesarul de energie primară global-comparativ cu energiile puse în joc de diverse fenomene naturale cu care omul intră în competiție, să raportăm, să selectăm și să interpretăm mai ușor noile informații din domeniul energiei.

1. Energii implicate în existența planetei noastre

În cele ce urmează propunem următoarea sintetizare a formelor sub care energia își face simțită prezența:

a) *Energia potențială a cîmpurilor de forțe*, cu următoarele forme:

— energia gravitațională (datorată atracției universale între corpuri);

— energia nucleară (energia de legătură a particulelor elementare în interiorul nucleului atomului);

* Ing. Constantin Dumitru este cercetător științific la ICEMENERG, fiz. Daniela Dumitru este profesor de fizică la Liceul Industrial „Semănătoarea".

— energia cîmpului electric și energia cîmpului magnetic (interacția intraatomică dintre electroni și nucleu, legăturile interatomice și intermoleculare — îndeosebi la lichide și solide — cîmpurile electrice și magnetice ale aștrilor etc.).

b) *Energia cinetică* cu următoarele forme:
— energia cinetică a mișcării dezordonate a atomilor și moleculelor (sau energia termică a substanței), la $T > 0$;
— energia cinetică a mișcării corpurilor și aștrilor (Pămînt, Sistem Solar, Galaxie, Univers).

c) *Energia radiantă*, cu următoarele forme:
— energia undelor electromagnetice (radiația termică a corpurilor, radiația electromagnetică solară, radiația termică remanentă a Universului etc.);
— energia undelor elastice (acustice, seismice etc.);
— energia radiației corpusculare (căreia i se pot asocia undele De Broglie).

d) *Energia masei de repaus* a corpurilor, conform relației lui Einstein, $E = m_0c^2$ (evidențiată în procesele de anihilare, în reacțiile nucleare de fisiune și fuziune — cu transformarea ei în energie cinetică etc.).

Dacă privim lucrurile numai la nivel microscopic putem evidenția trei forme de energie [36]: energia masei de repaus, energia particulelor cu masă de repaus nulă (fotoni) și energia cinetică a particulelor cu masă de repaus.

Existența planetei noastre și în particular a vieții pe suprafața ei, este direct legată de schimburile de energie din natură. Existența, omului ca ființă superioară este condiționată, în plus, de un „consum" de energie cu originea în formele naturale enumerate mai sus, dar avînd un grad de concentrare și ordonare suficient de mare pentru a satisface diversele sale nevoi practice.

Rezultatul incursiunii făcute de autori în domeniul resurselor primare de energie ale Terrei este prezentat în tabelul 1, unde pentru comparație se indică și valori ale unor consumuri de energie în prezent și viitor.

Din tabelul 1 se observă că, pe lîngă resursele de energie considerate a concura la rezolvarea problemei energiei, fie pe termen mediu (energia de fisiune nucleară), fie pe termen lung (fuziunea nucleară, a deuteriului, energia solară și a derivatelor ei — printre care energia biomasei — energia geotermală conținută în mantaua terestră etc.), Pămîntul deține stocate energii imense, atît sub formă potențială (energia masei de repaus, energia proprie gravitațională), cît și sub formă de energie cinetică (mișcarea în jurul Soarelui și în jurul axei proprii, energia internă termică).

Nu s-a inclus în tabel energia cîmpului magnetic și a cîmpului electric terestru. Avînd valori globale relativ mici ele nu par să aibă o utilizare energetică practică. Influența lor asupra conservării vieții pe Pămînt este însă demonstrată ca fiind foarte importantă.

Nu formează obiectul prezentei lucrări problemele legate de stabilirea părților tehnic și economic folosibile din resursele brute (reînnoibile sau nu), stabilirea randamentelor de conversie în forme de energie finale utile, consumul de materii prime, materiale și manoperă, cerute de fiecare caz în parte, gradul de siguranță și securitate, sau modul în care folosirea la scară globală a resurselor respective va afecta mediul ambiant.

Ele constituie probleme care — cel puțin pentru unele resurse cum ar fi: combustibilii fosili și nucleari, energia radiației solare și a derivatelor sale, energia geotermală etc. — sînt studiate de colective specializate, atît pe plan modial, cît și la noi în țară.

2. Potențialul brut al resurselor de energie reînnoibile ale Terrei. Comparație cu necesarul de energie primară

Din cauza epuizării în viitorul relativ apropiat a resurselor clasice de energie ale Pămîntului (energia chimică a combustibililor fosili), omenirea va trebui să pună în valoare, la cote din ce în ce mai mari, o serie întreagă de alte resurse epuizabile sau nu, cum ar fi: energia nucleară, energia radiației solare și a derivatelor sale, energia geotermală etc. Dintre acestea caracterul net de regenerabilitate pe durata de ordinul miliardelor de ani, îl are energia solară.

În diagrama dublu logaritmică din figura 1 (propusă de autori) s-a prezentat potențialul mediu disponibil la scară globală, corelat cu densitatea fluxului de energie la nivelul suprafeței Terrei, pentru:
— energia solară și a manifestărilor indirecte generate de ea: evaporarea apei, energia hidraulică a rîurilor, vînturile, valurile, curenții oceanici, biomasa etc.;
— energia geotermală;
— energia disipată de maree.

Pentru fiecare tip de energie s-a căutat să se includă aproape toate estimările din literatură, într-o bandă orizontală, a cărei lățime (extindere pe verticală) ar putea să sugereze atît gradul de incertitudine a diferitelor estimări, cît și o oarecare variabilitate a însăși valorii medii a puterii la scară globală. Extinderea pe orizontală a fiecărei benzi s-a făcut în așa fel încît să se includă, pe cît posibil, întreaga gamă de variație a puterilor specifice (cu raportarea la suprafața pe care se manifestă fenomenul respectiv). Mediile globale ale puterilor specifice (cu raportare la întreaga suprafață a Terrei) s-au reprezentat prin fîșii dublu haşurate. Aceste valori spun mai mult atunci cînd ne punem

Tabelul 1

Cîteva energii implicate în existența planetei noastre (prezentate în ordinea descrescătoare a mărimii lor)

$$1\,\text{TWh} = 10^{12}\,\text{Wh} = \frac{1}{8760}\,\text{TW an} = 3{,}6\cdot10^{15}\,\text{j} = 8{,}598\cdot10^{14}\,\text{cal}$$

Nr. crt.	Felul energiei	Relații de calcul	Valoarea (TWh)
0	1	2	3
1	Energia intrinsecă a masei de repaus a Terrei (conform relației lui Einstein)*1	$m\cdot c^2$	$1{,}495\cdot10^{26}$
2	Energia proprie gravitațională a Soarelui [4]	$-(3/5)\ (GM^2/R_S)$	$-5{,}555\cdot10^{25}$ *3
3	Energia radiată de astrul Solar într-un an	$\tau\cdot I_0\cdot S_s\cdot(D/R_S)^2$	$3{,}35\cdot10^{18}$
4	Energia de interacțiune gravitațională Soare-Pămînt [4] [12]	$-G\cdot m\cdot M/D$	$-1{,}481\cdot10^{18}$
5	Energia cinetică a Terrei (rotație proprie + rotație în jurul Soarelui)	$\frac{1}{2}(J_G\cdot\omega^2 + m\cdot v^2)$	$7{,}475\cdot10^{17}$
6	Energia potențială proprie gravitațională a Pămîntului	$-(3/5)\,(G\,m^2/R_t)$	$-6{,}24\cdot10^{16}$
7	Estimare a conținutului de căldură internă a Terrei (raportat la 0°C) [1]	$m\cdot c_{sp}\cdot t$	$3{,}488\cdot10^{15}$
8	Energia liberabilă prin fuziunea deuteriului din apa mărilor și oceanelor [9, 16, 18, 33]	—	$2{,}63\cdot10^{12} \div 2{,}77\cdot10^{15}$
9	Energia liberabilă prin folosirea resurselor de U și Th (în reactoare FBR) [9, 15, 16, 26, 36]	$\sim 0{,}023\ \text{TWh}_t/\text{kg}\ U_3O_8$	$4{,}8\cdot10^8 \div 3{,}25\cdot10^{12}$
10	Energia liberabilă prin fuziunea deuteriu-tritiu*2 [18, 26]	—	$1{,}38\cdot10^8 \div 3\cdot10^{11}$
11	Resursa de energie geotermală mondială [9, 40]	Căldură conținută în mantaua terestră	$1{,}3\cdot10^5 \div 5{,}83\cdot10^9$
12	Radiația solară la granița atmosferei terestre, într-un an	$\tau\cdot I_0\cdot\pi\cdot R_t^2$	$1{,}55\cdot10^9$
13	Energia solară necesară anual pentru circuitul apei pe Terra	$\lambda\cdot m_{evap}$	$\sim 3\cdot10^8$
14	Energia mișcării termice (de translație) a moleculelor atmosferei terestre	$(3/2)(m_a/m_{mol})\cdot R\cdot T = (3/2)\cdot k\cdot T\cdot N$	$1{,}7\cdot10^8$
15	Energia chimică a resurselor mondiale de combustibili fosili [9, 15, 16, 18, 37]	cărbuni + petrol + gaze naturale	$3{,}16\cdot10^7 \div 10^8$
16	Necesarul viitor de energie primară al omenirii pe timp de un secol [15]	$C_{baza}\,\Sigma\,(1+\alpha)^i$	$4{,}10^7 \div 5{,}7\cdot10^7$
17	Energia chimică acumulată în materialul biologic existent pe Terra [18]	—	$2{,}43\cdot10^7 \div 3{,}82\cdot10^7$
18	Energia disipată anual de vînturile de pe Terra [5, 10, 20]	—	$1{,}3\cdot10^7 \div (5{,}10^7)$
19	Energia chimică stocată anual prin fotosinteză în biomasa vegetală [18]	—	$8{,}3\cdot10^5 \div 3{,}8\cdot10^6$

*1) În relația Einstein, mc^2, am considerat că masa de repaus a Pămîntului este cea pe care o cunoaștem, dedusă din legea atracției universale.

*2) Tritiul care nu se găsește pe Pămînt se obține în reactorul de fuziune din Li-6 prin bombardare cu neutroni:

$$^6_3\text{Li} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^3_1\text{H} + 4{,}7\ \text{M}_e\text{V}.$$

*3) Semnul minus pentru energiile gravitaționale corespunde faptului că energia potențială a două corpuri depărtate unul de celălalt la infinit se ia în mod convențional egală cu zero [12]. În momentul constituirii astrilor, energia potențială scade, deci capătă valori negative. Energia potențială gravitațională constituie energia necesară spre a îndepărta la infinit materia ce compune corpul [7].

Notă: Valorile înscrise în tabel la numerele: 1, 3, 4, 5, 6, 12, 13, 14, 20, 24, sînt calculate de autori.

Tabelul 1 (continuare)

0	1	2	3
20	Estimare pentru „consumul" maxim anual de energie primară pe Terra	$20 \cdot 10^9$loc $\cdot 15$ kW/loc. $\cdot 8760$ h/an	$2{,}63 \cdot 10^6$
21	Energia primară „consumată" de pămînteni în decursul istoriei pînă azi [16, 18, 27]	—	$10^6 \div 1{,}78 \cdot 10^6$
22	Valoarea energetică totală a tuturor pădurilor Terrei [18, 33]	—	$1{,}63 \cdot 10^6 \div 5 \cdot 10^6$
23	Energia liberabilă prin fisiunea resurselor de U_{235} în reactoare cu neutroni termici [18, 26]	$2{,}26 \cdot 10^{-4}$ TWh/kgU_3O_8	$6 \cdot 10^5$
24	Capacitatea de distrugere a arsenalelor militare stocate pe Terra	$n_{loc} \cdot ex_{sp} \cdot q$	$\sim 10^5$
25	Energia primară „consumată" de omenire pe timp de un an (1980) [27]	—	$\sim 9 \cdot 10^4$
26	Energia anuală a potențialului teoretic liniar al rîurilor Terrei [3, 6, 18]	$\tau \cdot \sum_l \sum_j D_j \cdot g \cdot h_j$	$3{,}3 \cdot 10^4 \div 5{,}42 \cdot 10^4 \div \div (7{,}32 \cdot 10^4)$
27	Energia medie anuală cedată prin cutremure de pămînt [23]	—	$4{,}84 \cdot 10^2 \div 2{,}8 \cdot 10^4$
28	Energia conținută în lemnul exploatat din păduri [18, 33]	—	$7 \cdot 10^3 \div 1{,}6 \cdot 10^4$
29	Energia folosită anual de animale sub formă de hrană [16]	—	$5{,}25 \cdot 10^3$
30	Energia folosită anual de omenire sub formă de alimente [18]	—	$4{,}16 \cdot 10^3$
31	Energia hidroelectrică furnizată de CHE în anul 1974	—	$1{,}3 \cdot 10^3$

problema utilizării practice în scopuri energetice a fenomenelor naturale în cauză. Acolo unde nu există variații semnificative temporale sau spațiale ale densității fluxului de energie (cum ar fi : constanta solară, aportul specific mediu al energiei solare la nivelul granitei externe a atmosferei pămîntului, puterea totală a Soarelui), valorile s-au reprezentat printr-un asterisc. Pe diagramă s-a trasat printr-o curbă crescătoare, necesarul de energie primară pe Terra, atît în prezent, cît și în viitor, reprezentat în unități de putere. Ca limită maximă pentru necesitățile viitoare ale omenirii s-a considerat un consum de putere sub formă primară, de 300 TW [21]. Valorile puterilor specifice legate de activitatea umană au fost stabilite prin raportarea la întreaga suprafață a globului.

Se observă că energia folosită de om — care în final este aproape total disipată în mediul ambiant sub formă de căldură — este pe cale de a o egala pe cea venită din interiorul scoarței Pămîntului. În unele locuri de pe Pămînt — zonele industriale, marile orașe pe timpul iernii — cantitatea de căldură reziduală ajunge aproape de același ordin de mărime cu radiația solară medie, primită pe aceeași suprafață de teren. Această degajare „artificială" de căldură poate deranja echilibrul termic al mediului ambiant, fie ca urmare a influenței directe, fie ca urmare a influenței indirecte (topirea gheților și modificarea albedoului, accentuarea efectului de seră al atmosferei terestre din cauza degajării de vapori de apă și bioxid de carbon etc.).

Starea termică actuală a planetei noastre este rezultatul unui echilibru dinamic natural, stabilit în condițiile recepționării radiației solare de undă scurtă și a retransmiterii în spațiu a radiației, atît în domeniul lungimilor de undă scurtă (albedoul), cît și în domeniul infraroșu al spectrului. Energia primită de la Soare este retransmisă practic în totalitate înapoi în spațiul cosmic, căci o acumulare de energie solară (sub formă calorică) la nivelul Pămîntului ar duce la o supraîncălzire a acestuia.

Totuși, la baza echilibrului energetic al Pămîntului stau un numai procesele radiative menționate, ci și transferul sub formă de căldură latentă (evaporarea apei) și transferul convectiv între atmosferă și suprafața Pămîntului. După cum se observă din figura 1, energia mecanică (vînt, valuri, curenți) are o valoare absolută redusă în cadrul acestor schimburi, chiar dacă potențialele acestora (raportate la unitatea de

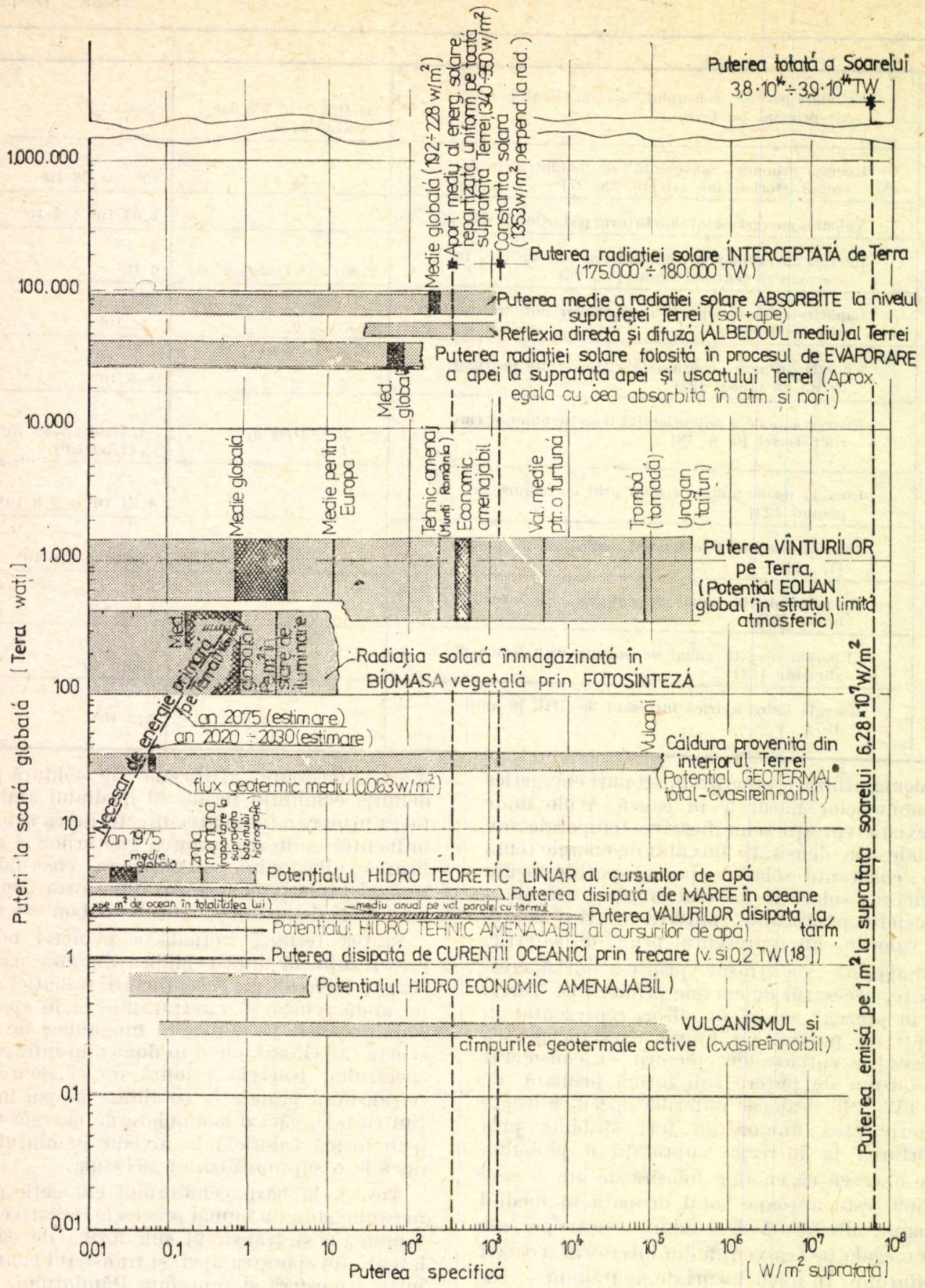


Fig. 1. Potențialul disponibil la scară globală al diverselor surse de energie reînnoibile în corelație cu densitatea fluxului de energie la nivelul suprafeței Pămîntului.

Notă. Suprafața închisă de valorile maxim și minim estimate pentru fiecare caz în parte nu reprezintă o integrare a potențialului total. Extinderile pe orizontală indică intervalul de variație în timp și spațiu a valorilor puterilor specifice.

Tabelul 2

Densitatea fluxului de energie pentru diferiți vectori energetici

Nr. crt.	Tipul	Densitatea de putere (W/m^2)
1	Emisia radiativă a plasmei de fuziune nucleară deuteriu-tritiu [41]	10^{23}
2	Fasciculul laser pentru inițierea reacțiilor de fuziune D—T (confinare inerțială) [19]	$10^{18} \div 10^{21}$
3	Fascicul de electroni nerelativiști [24]	$5 \cdot 10^{12} \div 10^{15}$
4	Conductoare de transport (transmisie) a energiei electrice ; Arc electric [24]	$10^{9} \div 10^{11}$
5	Suprafața nucleului Soarelui	10^{9}
6	Flacără oxiacetilenică [24]	$5 \cdot 10^{8} \div 10^{9}$
7	Suprafața Soarelui	$6{,}28 \cdot 10^{7}$
8	Primul perete al unui reactor de fuziune [19]	$2 \cdot 10^{6} \div 5 \cdot 10^{7}$
9	Puterea prin arborii de transmisie ai mașinilor	$\sim 2 \cdot 10^{7}$
10	Puterea termică a cazanelor de abur raportată la aria bazei focarului	$6 \cdot 10^{5} \div 8 \cdot 10^{6}$
11	Puterea termică a turnurilor de răcire, raportată la suprafața irigată	$2 \times 10^{4} \div 2 \times 10^{5}$
12	Încărcarea termică a suprafeței de schimb de căldură a condensatoarelor de abur	$1{,}5 \times 10^{4} \div 2{,}7 \times 10^{4}$
13	Transmisia energiei electrice prin microunde	$\sim 10^{4}$
14	Constanta solară	$1{,}353 \cdot 10^{3}$
15	Căldură reziduală disipată de un lac de răcire [9]	$2{,}3 \cdot 10^{2} \div 4{,}65 \cdot 10^{2}$
16	Fluxul de căldură „artificial" în zona Ruhr (R.F.G., 1979) [21]	17
17	Fluxul geotermic	$6{,}3 \cdot 10^{-2}$
18	Fluxul de căldură „artificial" mediu global în 1979 (raportat la suprafața uscatului)	$5{,}4 \cdot 10^{-2}$

Notă. Valorile înscrise în tabel la numerele : 5, 9, 10, 11, 12, 13, 18, sînt determinate de autori.

suprafață), sînt mai mari (în amplasamentele favorabile) decît radiația solară incidentă la nivelul solului.

Captarea acestor energii și transformarea lor în energie utilă este însă interesantă deoarece ele nu sînt amendate de randamentul ciclului Carnot.

3. Densități ale fluxurilor de energie transmise în mod natural și artificial

În tabelul 2 sînt prezentate, în ordinea mărimii lor, cîteva valori ale unor fluxuri naturale și artificiale de energie. Se vede că omul a realizat pe Terra concentrări ale fluxurilor de energie ce depășesc pe cea emisă prin unitatea de suprafață a nucleului soarelui către exteriorul său. Din păcate cea mai mare concentrare de energie eliberată artificial a fost realizată în bomba termonucleară, cu scop de distrugere.

4. Concluzii

Sîntem conștienți că este imperios necesar să se găsească rezolvări viabile, pe termen lung, ale problemei energiei pe Terra. Pînă la realizarea acestui deziderat, avem însă datoria să nu risipim ceea ce natura a agonisit de-a lungul a milioane de ani — combustibilii fosili — mai ales cînd aceștia pot constitui și materii prime prețioase pentru alte utilizări decît cele pur energetice.

Prezenta lucrare a fost întocmită cu scopul de a crea o viziune la scară globală, cît mai succintă, privitoare la disponibilitatea resurselor energetice ale omenirii, prin condensarea informațiilor și ierarhizarea lor după mărime.

Nu avem pretenția că în această ierarhizare s-a inclus totul și nici că evaluările de resurse nu ar putea să se modifice pe măsură ce avansează gradul nostru de cunoaștere a diferitelor fenomene la scară globală.

ANEXA

Notații și termeni folosiți în lucrare:

$c = 3 \cdot 10^8$ m/s = viteza luminii în vid;
C_{baza} = consumul anual de energie primară (de bază), TW/an;
$c_{sp} = 1$ kJ/kg°C = estimare pentru căldura specifică a materialului din interiorul Terrei;
$D = 1{,}496 \cdot 10^{11}$m = distanța Pământ-Soare;
D_j = debitul masic de apă pe un sector (j) de calcul, kg/h;
$ex_{sp} = 20$ t/loc = estimare a cantității de explozibil convențional (TNT) pe cap de locuitor, stocată în arsenalele militare;
energie primară = energia recuperată din natură, spre a fi transformată în forme de energie utilă;
energie finală = energia folosită de consumator pentru asigurarea diverselor servicii energetice;
$g = 9{,}81$ m/s^2 = accelerația gravitațională la suprafața Pământului;
$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ Nm^2/kg^2 = constanta gravitației;
h_j = diferența de nivel pe sectorul de calcul, m;
i = durata în ani, pentru care se face calculul necesarului de energie;
$I_0 = 1353$ W/m^2 = constanta solară;

$J_G = \frac{2}{5} \cdot m \cdot R_t^2$, Nms^2 = momentul de inerție mecanic al Pământului, considerat o sferă, în raport cu axa de rotație care trece prin centrul de greutate;
k = constanta lui Boltzmann = $1{,}38 \cdot 10^{-23}$ j/°K
$q \simeq 4186$ kg/kg = puterea calorică a trinitrotoluenului;
l = indice ce desemnează localizarea riului pentru care se face calculul potențialului teoretic liniar;
$m = 5{,}9798 \cdot 10^{24}$ kg = masa Pământului;
$m_a \simeq 5{,}2 \cdot 10^{18}$ kg = masa atmosferei terestre;
m_{evap} = masa apei evaporate anual pe Terra;
$m_{mol} \simeq 28{,}9$ kg/kmol = masa molară a aerului;
m_0 = masa de repaus a corpurilor;
$M \simeq 2 \cdot 10^{30}$ kg = masa Soarelui;
N = numărul de molecule ale atmosferei terestre;
$n_{loc} = 4{,}6 \cdot 10^9$loc — numărul actual de locuitori ai Pământului;
$R = 8{,}314$ kJ/kmol °K = constanta universală a gazelor perfecte;
$R_t = 6{,}371 \cdot 10^6$ m = raza Terrei;
$R_S = 6{,}953 \cdot 10^8$ m = raza Soarelui;
Rezerve = cantități cunoscute, care pot fi exploatate în mod economic în condițiile tehnologice actuale;
Resurse = cantități cunoscute + cantități probabile, care ar putea deveni economic exploatabile în condiții mai favorabile;
$S_s = 6{,}07 \cdot 10^{18}$, m^2 = suprafața Soarelui;
t = temperatura medie a interiorului globului terestru (≈ 2000°C);
T = temperatura absolută, °K;
$v = 3 \cdot 10^4$ m/s = viteza centrului de greutate al Pământului în mișcarea pe orbită în jurul Soarelui;
$\alpha = 0{,}04 = 4\%$ = rata considerată a creșterii anuale a necesarului de energie primară;
$\lambda \approx 2457$ kJ/kg = căldura latentă de vaporizare a apei;
τ = timpul;
$\omega = 7{,}26 \cdot 10^{-5}$rad/s = viteza unghiulară în mișcarea de rotație a Pământului în jurul axei ce trece prin centrul de greutate.

Bibliografie

[1] Airinei, Șt., *Potențialul geotermic al subsolului României*, Ed. Științifică și Enciclopedică, Buc. 1981.
[2] Airinei, Șt. *Pământul ca planetă*. Ed. Albatros, Buc. 1982.
[3] Bienvenu, Cl. *Ce este energia?* Ed. Tehnică, Buc. 1982.
[4] *Cursul de fizică Berkeley*, vol. I, *Mecanică*. Ed. did. și ped. București, 1981.
[5] Cosma, Gh. *Promisiunile zeului Eol*, În: Șt. și tehnică, nr. 2, 1978.
[6] Cogălniceanu, A. *Geografia energiei electrice*. Ed. științifică, Buc. 1971.
[7] * * * *Dicționar de astronomie și astronautică*, Ed. șt. și enciclop., București, 1977.
[8] * * * *Dicționar de fizică*. Ed. enciclopedică română, Buc. 1972.
[9] Dănilă, N. *Centrale nucleare-electrice*. Ed. Academiei R.S.R., Buc. 1973.
[10] Dănciiă, M., Popescu, C., Mihăilă, A. *Scenarii de prognoză privind contribuția surselor noi de energie neconvențională, în balanța de energie primară a României, în perioada 1980—2000 (2020)*. În: Energetica, vol. 29, nr. 1, 1981.
[11] Dănescu, Al. și alții *Utilizarea energiei solare*, Ed. Tehnică, București, 1980.
[12] Fris, S. E., Timoreva, A. V. *Curs de fizică generală vol. I*. Ed. tehnică, 1964.
[13] Gamow, G. *O planetă numită Pământ*. Ed. științifică, București, 1968.
[14] Gamow, G. *O stea numită Soare*. Ed. științifică, București, 1969.
[15] Gabor, D. și alții. *Să ieșim din epoca risipei*. Raport către Clubul de la Roma. Ed. politică, București, 1983.
[16] Häfele, W. ș.a. *Energia într-o lume finită. Căi spre un viitor viabil*. Ed. politică, Buc. 1983.
[17] Herbst, C., și Letea, I. *Resursele energetice ale Pământului*. Ed. științifică, București, 1974.
[18] * * * *Impact science et société*, vol. 29, nr. 4, oct.—dec. 1979 și vol. 30, 1980.
[19] Iordănescu, A. *Fuziunea termonucleară controlată*. Ed. Albatros, București 1982.
[20] Iulian, C., Lazăr, P. D. *Energia valurilor, captare și conversie*. Ed. șt. și enciclop. București, 1982.
[21] Jacquet, J. *Le bilan thermique de notre planète*. În: Revue Française de l'Electricité, 51, nr. 261 și 262, 1978, pag. 18—25 și resp. 20—27.
[22] Lacombe, H. *Les énergies de la mer*. Presses Universitaires de France, Paris, 1968.
[23] Lupei, N. *Dinamica terestră*. Ed. Albatros, București, 1979.
[24] Marinescu, I. N. *Prelucrări cu fascicole dirijate*, Ed. Tehnică, București, 1983.
[25] Mihăileanu, C. *Suportul energetic al viitorului*, În: Energetica, vol. 27, nr. 5, 1979, p. 181—188.
[26] Mihăileanu, C. și alții *Energia în următoarele trei decenii*. Ed. Acad. R.S.R., kucurești, 1979.
[27] Niederkorn, I., Lemnaru, G. *Combustibilii nucleari*. Ed. șt. și enciclop. București, 1980.
[28] Nitu, V. I., *Probleme contemporane ale dezvoltării energeticii*. Ed. științifică, Buc. 1975.
[29] Oncescu, M. *Elemente de termodinamică*. Ed. șt. și enciclopedică, București, 1982.
[30] Petrescu, S., Petrescu, V. *Principiile termodinamicii și mașinile termice. Mișcarea termică în Univers și pe Pământ*. Ed. tehnică, București, 1981.
[31] Peyches, I. *Répercurssions climatiques de l'utilisation des énergies primaires. Cas de l'énergie solaire*. În: Rev. Gén. Therm, nr. 184, avril 1977.
[32] Peyturax, R. *L'énergie solaire*. Presses Universitaires de France, Paris, 1968.
[33] Popescu, I., Turcu, E. *Energia încotro?*, Ed. scrisul românesc, Craiova, 1978.
[34] Piticu, M. E. *Atracția universală*. Ed. științifică și enciclopedică, București, 1978.
[35] Protopopescu, V. *Stările de agregare ale materiei*, Ed. șt. și enciclopedică, București, 1978.
[36] Purica, I. *Energia astăzi și mâine*. Ed. științifică și enciclopedică, București, 1979.
[37] Rădulet, R. *Perspective de dezvoltare a energeticii*, Ed. tehnică, București, 1975.
[38] Ražnevič, K. *Tabele și diagrame termodinamice*, Trad. din lb. sîrbo-croată, Ed. tehnică, Buc. 1978.
[39] Soran, V. *Clorofila, lumina și viața*. Ed. enciclop. română, București, 1969.
[40] Ștefănescu, D. ș.a. *Termotehnica*, Ed. did. și ped. București, 1983.
[41] Ursu, I. *Energia atomică*. Ed. științifică, București, 1973.

(Primit la 11 aprilie 1984, acceptat la 20 iulie 1984)

Aprecieri privind influența stării inițiale de ecruisare a alamelor asupra rezistenței lor la coroziune în exploatare

Chim. Alice-Anca Cocoș, dr. ing. Simona Zamfir*

Appreciations Regarding the Influence of the Initial Cold Hardening State of Brass on Its Corrosion Resistance in Operation

(*Condensed from the paper in Romanian*)

In most cases the brass pipes of thermal plants condensers and auxiliary coolers are exposed in operation to the simultaneous strain of corroding agents and of different mechanic stresses.

This double strain speeds up the shut-downs of the respective thermal equipment more than would be the case if only one factor existed.

In an aggressive medium the mechanic stress inflicted upon the pipes can determine, according to its specific action manner, the following forms of damages — ranging in the order of their occurence frequency :

— corrosive cracking
— corrosion fatigue
— cavitation corrosion

The operation practice with heat exchanger pipes has demonstrated that brass alloys with small Sn, As, Al, Fe additions do not provide immunity against these corrosion types. Of an utmost importance for the operation duration of pipes exposed to mechanical strains is the thermal stress relieving during the 1/2 t delivery stage. The transportation and mounting of pipes can also impede upon their ultimate corrosion resistance.

The analysis of a large number of pipes samples taken from the heat exchangers of several thermal power plants, pipes of different composition copper alloys, which had been operated at different temperatures and with several cooling agents has enabled to appreciate the importance and influence of the initial pipe material state on their operation corrosion resistance.

Introducere

În majoritatea cazurilor, țevile de alamă ale condensatoarelor și răcitoarelor auxiliare din termocentrale sînt supuse, în timpul exploatării, acțiunii simultane a unor agenți corosivi și diferitelor solicitări mecanice. Această dublă solicitare duce mult mai rapid la dezafectarea agregatului termic respectiv, decît în situația în care ar acționa doar unul din factori.

Într-un mediu agresiv, efortul mecanic aplicat țevilor poate determina, după modul specific de acțiune, următoarele forme de deteriorare — în ordinea frecvenței apariției lor :

— fisurarea corosivă ;
— oboseala la coroziune ;
— coroziunea prin cavitație.

Practica de exploatare a țevilor schimbătoare de căldură a demonstrat că alierea alamelor cu adaosuri mici de Sn, As, Al, Fe nu conferă imunitate țevilor, la aceste tipuri de coroziune. De o deosebită importanță — pentru durata de funcționare a țevilor în condiții de solicitări mecanice — este operațiunea de detensionare termică la starea de livrare 1/2 t. Condițiile de transport și montarea țevilor pot, de asemenea, afecta rezistența lor ulterioară la coroziune.

În urma analizei unui număr mare de probe de țevi prelevate din schimbătoarele de căldură din mai multe termocentrale, cu țevi de alamă de compoziții diferite, care au lucrat în condiții variate de temperatură și agent de răcire, s-au făcut aprecieri asupra importanței și influenței stării inițiale a materialului țevilor asupra rezistenței lor la coroziune în exploatare.

1. Solicitările mecanice și tipul de coroziune

1.1. Fisurarea corosivă

Acest tip de coroziune reprezintă sensibilizarea materialului țevilor ca urmare a prezenței unor solicitări mecanice statice (de tipul tensiunilor interne ale alamei țevilor sau unor solicitări exterioare) combinate cu acțiunea unui agent agresiv, acționînd asupra unui component din aliaj.

Fisurarea corosivă este denumită și coroziune sub tensiune („Spannungsrißkorrosion", respectiv „Stress corrosion craking"). Dintre agenții chimici capabili să provoace acest tip de coroziune, în prezența solicitărilor mecanice amintite, pe primul loc sînt situate clorurile [1]. De asemenea, amoniacul, azotatul de amoniu, clorurile organice sînt alți agenți corosivi din apa de răcire, care induc fisurarea corosivă a aliajelor de cupru [2].

* Chim. Alice — Anca Cocoș este cercetător științific la ICEMENERG, dr. ing. Simona Zamfir lucrează la catedra de metalurgie — I. P. București.

Procesul de fisurare corosivă se desfășoară în două etape :

— perioada de inducție, în care agentul corosiv este cel care acționează :

— faza de propagare a fisurii, cînd intervine preponderent, factorul mecanic.

Perioada de inducție durează mult mai mult decît faza de propagare a fisurii.

Mecanismul chimic care inițiază fisurarea corosivă, în medii cu amoniac, este următorul :

$$CuO_{\text{la suprafața alamei}} + NH_3 + H_2O \rightarrow$$
$$\rightarrow Cu(NH_3)^{2+} + 2(OH)^-,$$
$$CuO_{\text{la suprafața alamei}} + NH_4 + (OH)^- \rightarrow$$
$$\rightarrow Cu(NH_3)^{2+} + 2(OH)^-.$$

Astfel de complecși ai cuprului se formează și în prezența urmelor de citrați, tartrați, amine, din apa de răcire.

Se presupune că defectele de structură ale aliajului tensionat favorizează adsorbția complecșilor de cupru de-a lungul limitelor de grăunte, reducînd stabilitatea legăturilor metalice [3].

Compușii cuprului cu amoniac produc în continuare dezincarea alamei, după reacția :

$$Zn + Cu(NH_3)_5^{2+} \rightarrow Cu + Zn(NH_3)_4^{2+} + NH_3.$$

Această din urmă reacție explică depozitul de cupru care acompaniază interiorul fisurii, atît transgranulară, cît și intergranulară (fig. 1).

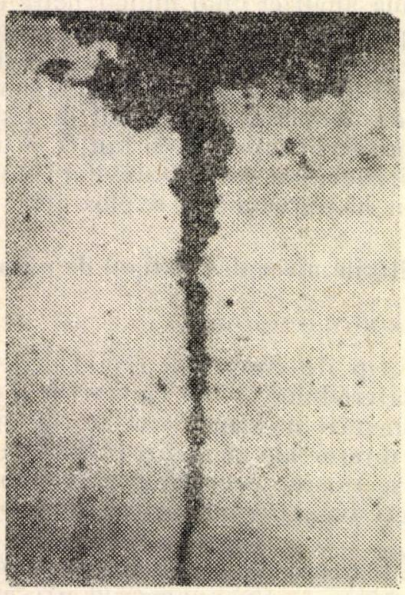


Fig. 1.

Vîrful fisurii se răspîndește în material prin dizolvarea selectivă, anodică, a zincului, influențat de factorii mecanici la nivel microstructural. Pentru elucidarea fenomenului, pentru epruvetele de alamă analizate s-au efectuat analize cu ajutorul microsondei electronice tip XA—5A, prin imagini de compoziție, imagini de raze X și electroni secundari, cu trasarea profilului de compoziție al unor elemente predominante în compoziția chimică.

Din imaginea de raze X Zn $K\alpha$ și raze Cu$K\alpha$ (fig. 2*a* și 2*b*) a unei țevi de alamă CuZn28Sn1 provenind de la niște răcitoare auxiliare, s-a observat că primul strat deasupra materialului necorodat este cu conținutul cel mai scăzut în zinc, după care, mergînd către marginea probei, apar compușii zincului, practic lipsiți de cupru (corespunzători zonelor negre din imaginea de compoziție — fig. 2*c*).

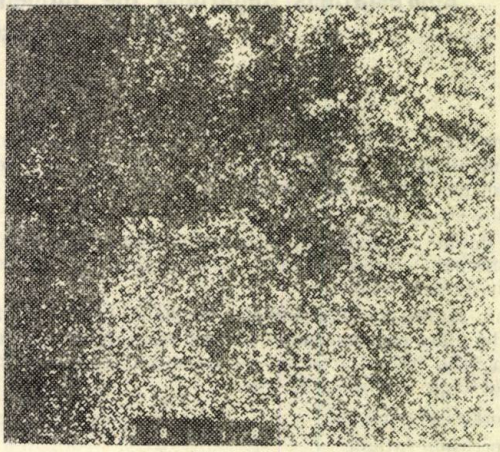


Fig. 2 a.

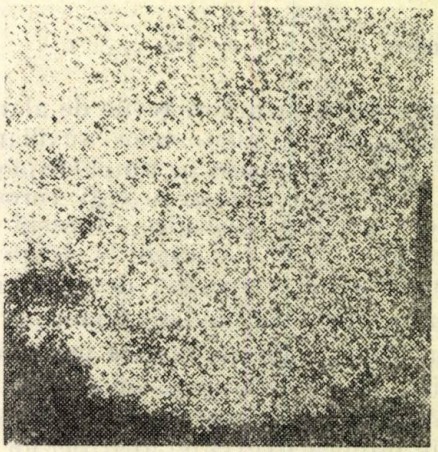


Fig. 2 b.

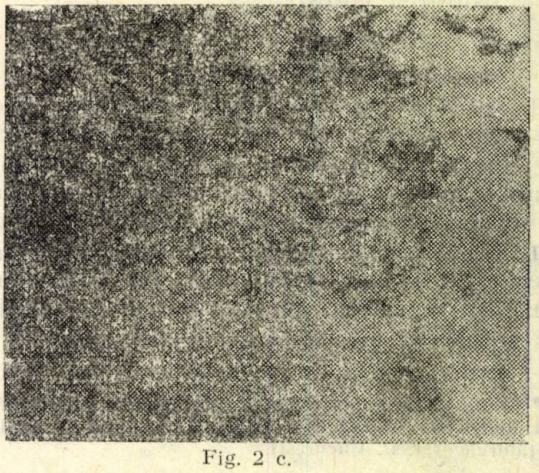


Fig. 2 c.

Fig. 2*d*.

Imaginile de electroni secundari (fig. 2*d*) și de compoziție ale aceleiași probe, pun în evidență o discontinuitate accentuată de material în zona situată în apropierea limitei între materialul de bază și zona dezincată. Această discontinuitate a constituit cauza unui fenomen de exfoliere. Fisurarea corosivă se produce atît inter-, cît și transcristalin.

Cînd alama α este supusă unei tensiuni de întindere apărută după montare, sau unor tensiuni remanente în atmosferă umedă, cu urme de amoniac, amine, citrați, tartrați și oxigen (sau alți depolarizanți) se produc fisuri intercristaline la limita grăunților [4] (fig. 3).

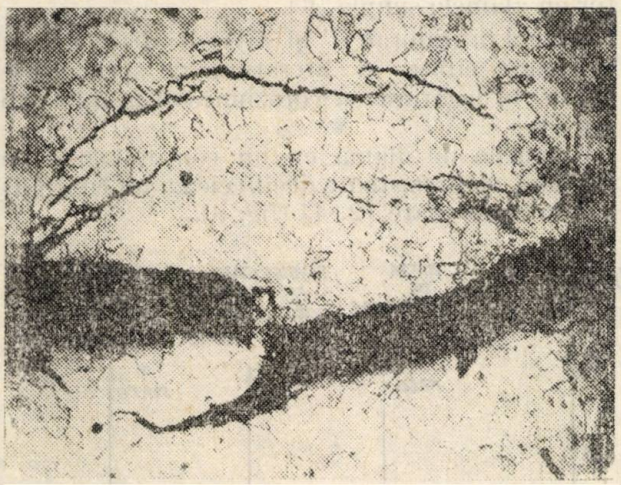


Fig. 3.

O fisură prin structura cristalelor (transcristalină) se produce la deformări plastice puternice ale aliajului. De obicei însă, fisurarea corosivă se produce intergranular. Ambele tipuri de crăpături sînt similare în metal cu crăpăturile lemnului uscat.

Spre deosebire de oboseala mecanică, care se prezintă în mod specific — o singură crăpătură transcristalină — suprafața afectată de coroziune sub tensiune se prezintă sub forma unor rețele de fisuri (fig. 4, 5).

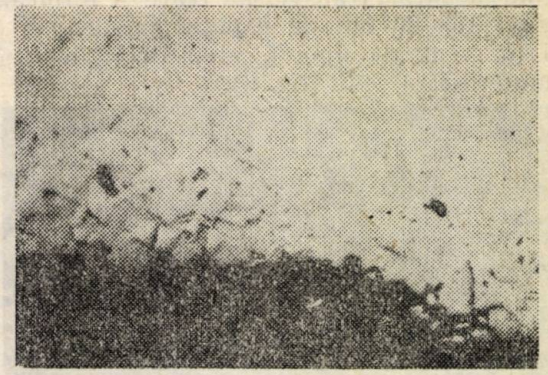


Fig. 4.

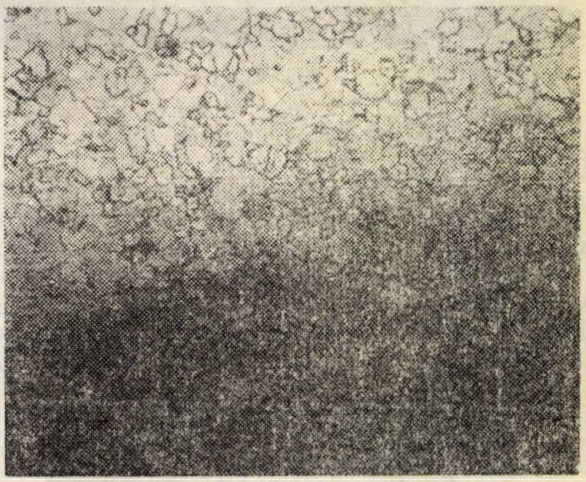


Fig. 5.

1.2. Oboseala la coroziune

Distrugerea alamelor prin fenomenul de oboseală la coroziune se produce sub influența acțiunii combinate a mediului corosiv și a solicitărilor dinamice, de tipul unor tensiuni ciclice sau alternative.

În urma unor solicitări periodice ciclice se instalează fenomenul de oboseală. Microscopic, acest fenomen constă în deplasarea cristalelor după anumite planuri de alunecare, cu modificări plastice importante. Dacă valoarea tensiunii depășește limita de oboseală a materialului, apar fisurile.

Acest proces, combinat cu agresivitatea unui mediu corosiv, duce la scăderea rapidă a valorii limitei la oboseală a materialului și apariția fisurilor, care, în acest caz, sînt transcristaline. Se presupune [1,2] că datorită solicitărilor mecanice, formarea stratului protector propriu de oxid la suprafața aliajului este împiedicată, favorizînd, în schimb, apariția coroziunii pitting, prin elemente electrochimice locale. Prin formarea unei coroziuni pitting se produce o

creștere accentuată a efortului local la tracțiune, prin concentrarea acestuia la baza pittingului. În acest caz, distrugerea țevii are loc printr-o serie de crăpături transversale (care se formează la circa 15—20 cm de capătul mandrinat al țevii sau de un alt suport), care acoperă întreaga circumferință a țevii (fig. 6).

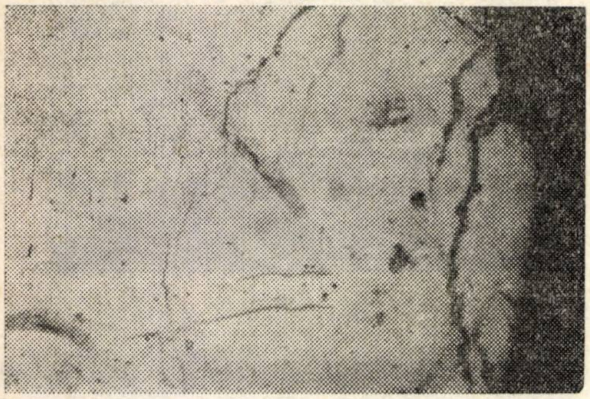


Fig. 6.

1.3. Coroziunea prin cavitație

Distrugerea alamelor prin fenomenul de cavitație are loc ca urmare a unui proces de coroziune intens, cu desprinderi de material, datorită unui regim turbulent de curgere și debitelor mari ale apei de răcire. Stratul de oxid protector este distrus, iar metalul neprotejat, corodat, prezintă adînciturі sub formă de scoică (fig. 7*a*, 7*b*).

Fig. 7 a.

2. Influența diferiților factori asupra rezistenței la coroziune prin solicitări mecanice ale alamelor

Fiabilitatea tubulaturii de alamă a schimbătoarelor de căldură din termocentralele electrice este un fenomen complex, determinat de natura

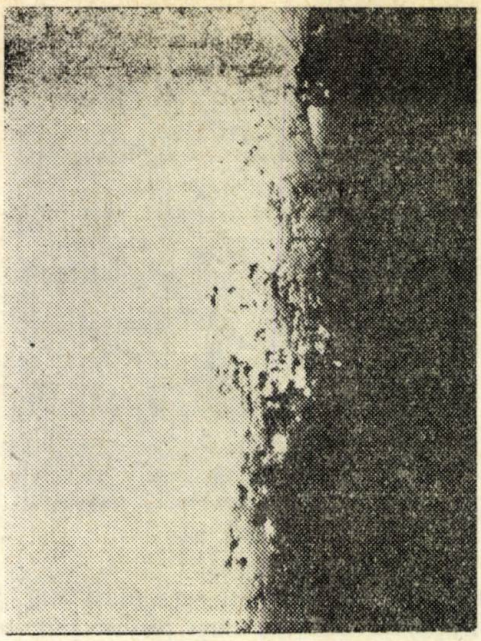


Fig. 7 b.

materialului, calitatea agentului folosit la răcirea țevilor, concepția constructivă a agregatului și modul de exploatare al întregii instalații.

2.1. Influența naturii materialului

Din experiența de exploatare s-a demonstrat că, în privința rezistenței la coroziune prin fisurare sub tensiune, alamele speciale, aliate cu As, Sn, Fe nu sînt imune și se comportă asemănător cu alamele simple [6].

Alama „Admiralty" și diverse aliaje de Cu sînt des citate în literatura de specialitate [2—6] în legătură cu coroziunea fisurantă sub tensiune.

Sorturile de alamă cu un conținut mic de zinc sînt mai rezistente decît cele cu un conținut de zinc mai mare [2, 4] (fig. 8).

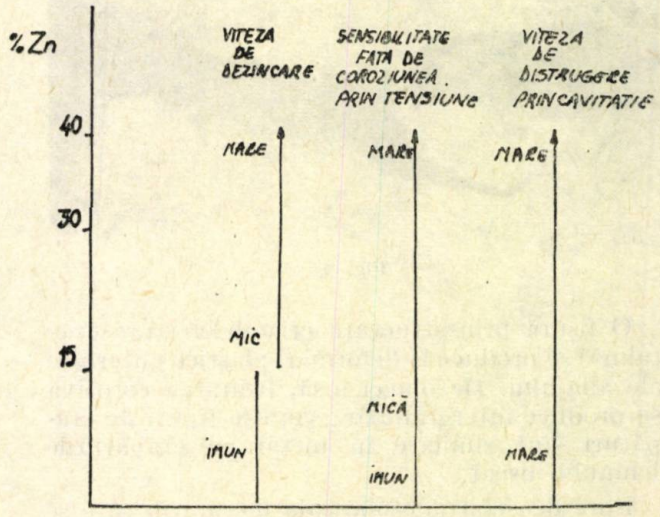


Fig. 8.

Alamele bogate în zinc (40—45 %), cu preponderență fază β sînt, de asemenea, predispuse la coroziuni sub tensiune, de tipul fisurilor transcristaline.

Un factor agravant, deosebit de important în acest caz, îl reprezintă tensiunile interne în alamele în stare 1/2 t, ecruisate. Eliminarea stării de ecruisare, respectiv a tensiunilor interne, și recristalizarea materialului deformat se realizează prin recoacerea de detensionare, care în funcție de tipul alamei este aplicată în intervalul 200—500°C.

Deoarece aliajele Cu-Ni (10 %) sînt mai puțin susceptibile la fenomenele de coroziune sezonieră (fisuri apărute la tensiuni induse în material, de variațiile de temperatură) ele se pot utiliza și în stare ecruisată, exploatînd astfel creșterea de duritate provocată de deformarea la rece.

În figura 9 se observă grăunții alungiți ai soluției solide care constituie structura aliajului Cu-Ni, fiind o dovadă a stării de ecruisare a materialului.

2.2. Influența condițiilor de lucru

Literatura de specialitate [2—6] indică drept corodanți specifici pentru aceste tipuri de coroziune, o serie de compuși chimici din apele de răcire, proveniți din poluarea rîurilor, de către diversele industrii.

Cantități mici de amoniac, amine, hidrogen sulfurat, produși organici de descompunere, citrați, tartrați, azotați, oxid de azot, mercur sînt responsabili de inițierea distrugerii alamelor țevilor, prin coroziune fisurantă.

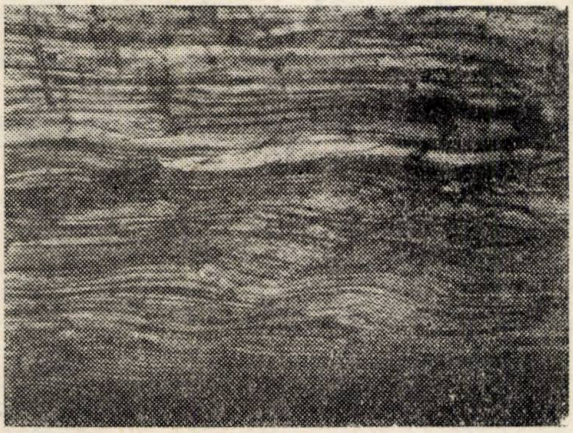


Fig. 9.

De asemenea, funcționarea schimbătoarelor de căldură în condiții neadecvate pentru viteza de curgere a apei de răcire, în condiții stagnante prelungite, combinate cu umiditate și cu număr mare de opriri și porniri ale agregatului cauzează, adesea, dezafectarea prin fisurare sub tensiune și oboseală, a materialului țevilor.

Concepția constructivă a instalațiilor de schimb termic poate influența, singură, producerea fenomenelor de fisurare sau cavitație, prin crearea unei curgeri turbulente, datorită unghiurilor bruște în circulația fluidului, cît și prin eforturile de material induse, tensiuni statice, vibrații, jocuri, susceptibile de a fi transformate în tensiuni interne.

3. Metode de verificare a stării de tensiune și măsuri de combatere

Lipsa tensiunilor interne în țevile de alamă, la recepția acestora se verifică prin proba cu amoniac (DIN 1785, DIN 50.916) sau cu azotat mercuros (STAS 9093-81, DIN 50911) [7, 8, 9].

Proba cu amoniac constă din suspendarea epruvetelor de testat (l = 200 mm), decapate conform standardelor în vigoare [8], într-un exicator, deasupra (la 50—100 mm) unei soluții amoniacale 12 %, timp de 24 de ore. Proba nu trebuie să prezinte, la terminarea testului, crăpături sau tăieturi.

Proba cu azotat mercuros se realizează prin scufundarea epruvetelor în soluții de azotat mercuros 1,5 %, timp de 30 minute. Filmul de mercur format pe suprafața epruvetei testate trebuie să fie continuu.

De menționat însă că proba de verificare a tensiunilor interne cu azotat mercuros nu este întotdeauna concludentă. Țevi care nu au prezentat fisuri la verificarea inițială — considerate corect detensionate — au fost distruse ulterior în exploatare, prin coroziune fisurantă, datorită tensiunilor din material, la scurt timp după darea în exploatare.

Diferența de sensibilitate între cele două metode de verificare este pronunțată: metoda cu amoniac descoperă tensiuni în material de la 5,0 N/mm² în sus, în timp ce metoda cu azotat mercuros pune în evidență numai tensiuni ridicate, de la 100 N/mm² și mai mari. În acest sens s-a propus, și este în curs de realizare, revizuirea STAS-ului 9093-81 și completarea lui cu metoda cu amoniac, de punere în evidență a tensiunilor interne în țevile schimbătoare de căldură din alamă.

3.1. Măsuri ce se impun

Sensibilizarea alamelor la coroziunea datorată solicitărilor mecanice — tensiuni statice sau ciclice, vibrații și șocuri — poate fi micșorată prin următoarele măsuri:

— efectuarea tratamentului termic în vederea detensionării țevilor în procesul fabricației;

— evitarea introducerii unor tensiuni interne în material, la depozitarea și montarea țevilor;

— la punerea în funcțiune a agregatelor se va asigura formarea unei pelicule superficiale protectoare continue: se va evita impurificarea apei de răcire cu amine, amoniac, citrați, tartrați, hidrogen sulfurat, azotați etc.;

— se vor evita opririle și pornirile dese ale agregatelor termoenergetice, în timpul funcționării lor;

— soluția constructivă a schimbătoarelor de căldură aleasă de proiectant, va evita coturile bruște, eforturile susceptibile de a fi transformate în tensiuni interne.

4. Concluzii

Fiabilitatea tubulaturii de alamă a schimbătoarelor de căldură este determinată de un complex de factori, dintre care cei mai importanți sînt:

— compoziția și natura aliajului;

— condițiile de funcționare ale agregatului.

Pentru evitarea deteriorării premature în exploatare a țevilor de alamă prin fenomene de fisurare corosivă sau oboseală de material se impune adoptarea următoarelor măsuri:

— alegerea alamei țevilor, în funcție de rezistența lor la coroziune, de agresivitatea agentului folosit la răcire, deși la opțiunea pentru material intervin și alte criterii, ca prețul de cost și posibilitatea procurării imediate;

— alegerea corectă a materialului țevilor, în privința purității materialului, a tratamentului termic aplicat în vederea înlăturării tensiunilor interne, a mărimii grăunților și a omogenității structurii metalografice;

— la recepția țevilor se va verifica starea de tensiune a materialului, omogenitatea structurii, valorile caracteristicilor mecanice;

— soluția constructivă aleasă pentru schimbătoarele de căldură trebuie să evite crearea unei curgeri turbulente datorită unghiurilor bruște în circulația fluidului, a eforturilor induse în material — tensiuni, vibrații — susceptibile de a fi transformate în tensiuni interne;

— montarea țevilor în schimbătorul de căldură va evita introducerea unor tensiuni interne în materialul țevilor;

— la punerea în funcțiune a agregatului se va asigura formarea unei pelicule superficiale, protectoare, continue, la suprafața interioară a țevilor, prin alegerea unei calități adecvate a apei de răcire (lipsa suspensiilor, a clorurilor în cantități mari, creșterii valorii pH); vitezei de curgere și gradientului termic la peretele metalic;

— evitarea impurificării apei de răcire cu amoniac, amine, citrați, tartrați, hidrogen sulfurat, azotați;

— funcționarea agregatelor termoenergetice va evita opririle și pornirile dese, perioadele prelungite de stagnare.

Bibliografie

[1] Tomescu, M., Constantinescu, M. *Chimie și coroziune*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1979.

[2] Held, H.D., *Kühlwasser*, Vulkan Verlag Dr. W. Classen, Essen, 1970.

[3] Reynolds, S.D., Pement, F.W. *Corrosion Failures of Tubing in Power Plant Auxiliary Heat Exchanger Exchangers*. În: Mater. Prot., sept. 1974.

[4] Uhling, H. H. *Korrosion und Korrosionsschutz*, cap. 19. Kupfer und Kupferlegierung, 1971.

[5] Mifflin, R. C., Birds, D. B. *Performance of Tube Alloys Cooled by Brackish Delaware River Water*. În: Mater. Prot., sept., 1969.

[6] Eichorn, K. *Kondensatorrohre aus Kupferwerkstoffen Richtlinien für Werkstoffauswahl und Betriebsbedingungen* În: Werkst. und Korr, vol. 21, nr. 7, 1970.

[7] * * * *DIN 1785 — Rohre aus Kupfer und Kupferknetlegierungen für Kondensatoren und Wärmeübertrager*, iunie, 1974.

[8] * * * *NACE — Standard TM-01-69 — Laboratory Testing of Metals for the Process Industries*. În: Mater. Prot., nr. 8, mai 1969.

[9] * * * — DIN 50.916 — „Spannungsrißkorrosionsversuch mit Ammoniak", august 1976.

(Primit la 29 noiembrie 1983, acceptat la 14 martie 1984)

Unele aspecte privind utilizarea ultrasunetelor în procesul de ardere a prafului de cărbune

Ing. Ioana Goleșteanu, dr. ing. Cornel Ungureanu*

Aspecte generale

Actuala criză mondială a determinat, printre altele, și mutații importante în balanța combustibililor folosiți în scop energetic, manifestată prin creșterea ponderii cărbunilor în detrimentul hidrocarburilor lichide și gazoase.

Prezentă în țara noastră, această tendință întîmpină un plus de dificultate, determinată de necesitatea folosirii cărbunilor inferiori, care dețin o pondere de peste 45% din rezervele de combustibili clasici cunoscute în prezent.

Datorită conținutului de balast (umiditate și masă minerală) a cărbunelui brun pămîntos (BP) și lemnos (BL) se întîmpină dificultăți în ceea ce privește aprinderea și stabilitatea arderii, o exploatare economică nefiind posibilă decît în cazul arderii în stare de praf în focare tip cameră, special amenajate cu centură de aprindere, grătar pentru postardere, arzătoare cu concentratoare de praf etc. [1], [2], [3], [4], [5].

1. Unele considerații cu privire la viteza de ardere a particulelor de cărbune

Teoria actuală a arderii unei particule solide deosebește două domenii limită — cinetic și difuz — după cum asupra vitezei de ardere au o influență determinantă factorii fizico-chimici (concentrația substanțelor reactante, temperatura, presiunea etc.) sau factorii hidrodinamici de curgere (intensitatea turbulenței, coeficientul schimbului de substanță, forma și dimensiunea particulelor etc.).

În figura 1 este reprezentată cunoscuta diagramă de variație a vitezei de ardere în funcție de temperatură și de coeficientul schimbului de masă α_d. Se constată că viteza de difuziune a oxigenului la suprafața reactantă se menține la nivelul vitezei reacției chimice numai în domeniul temperaturilor scăzute (sub 1000 K) și începe să rămină rapid în urma acesteia cu creșterea temperaturii. La temperaturile de ardere T_a din focarele care funcționează cu praf de cărbune, diferența ΔW_a, între viteza corespunzătoare arderii cinetice și difuziune, este cu atît mai mare cu cît α_d este mai

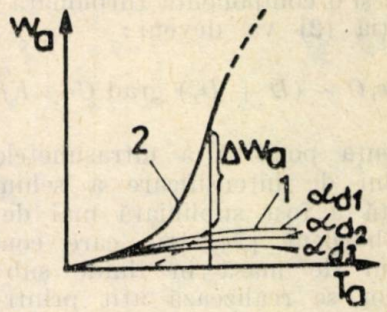


Fig. 1 Variația vitezei de ardere în funcție de temperatură și coeficientul schimbului de masă.

mic, deci cu cît intensitatea schimbului de substanță în vecinătatea suprafeței reactante este mai redusă.

Procesul de pătrundere a oxidantului la suprafața de reacție se realizează prin intermediul difuziei, care poate fi molară (convectivă) și moleculară, fluxul total de substanță difuzat avînd expresia [6]:

$$I = w_r C - D \operatorname{grad} C, \ [\mathrm{kg/m^2 \cdot s}] \qquad (1)$$

în care:

w_r este viteza relativă între suprafața de reacție și mediul oxidant, în m/s;

C — concentrația, în kg/m³;

D — coeficientul difuziei moleculare, în m/s.

Într-un proces staționar, viteza de pătrundere a oxidantului la suprafața de reacție este egală cu viteza reacției chimice care se desfășoară pe această suprafață și deci:

$$w_r C - D \operatorname{grad} C = K f(C), \qquad (2)$$

în care K este constanta de reacție.

Se menționează că la valori mari ale criteriului Re difuzia moleculară (convectivă) este preponderentă, în timp ce la valori mici ponderea trece asupra difuziei moleculare. Datorită dimensiunilor reduse ale particulelor de praf de cărbune în suspensie, sub acțiunea forțelor de frecare, acestea vor fi accelerate într-un timp relativ redus pînă la viteza fluidului transportor (aerul amestecat cu gaze de ardere recirculate), ceea ce va conduce, pe de o parte, la anularea vitezei relative, iar, pe de altă parte, la creșterea stratului limită în jurul particulei, respectiv la frînarea procesului de transport al oxidantului spre suprafața de reacție și al produselor arderii spre exterior.

* Ing. Ioana Goleșteanu lucrează la Uzinele „23 August"; dr. ing. Cornel Ungureanu este profesor la I.P. „Traian Vuia" — Timișoara.

Pentru ameliorarea acestor procese negative se propune ca peste curgerea principală să se suprapună o perturbaţie artificială, indusă de un cîmp ultrasonor cu frecvenţa între 8—20 kHz, care să contribuie la modificarea cîmpului de viteză în jetul principal. În felul acesta, praful de cărbune în suspensie împreună cu fluidul purtător vor intra într-o mişcare de vibraţie elastică, care va favoriza realizarea unei viteze relative între mediul de transport şi particulă, iar în plus, coeficientul de difuzie va avea şi o componentă turbionară D_T, astfel că relaţia (2) va deveni:

$$w_r C - (D + D_T) \text{ grad } C = Kf(C). \quad (3)$$

Influenţa pozitivă a ultrasunetelor asupra procesului de intensificare a schimbului de substanţă a fost subliniată mai de mult de către Charpent [7], [8], care consideră că transferul de masă în fluide sub acţiunea vibraţiilor se realizează atît printr-o difuzie „forţată", intensificată prin efectul deplasării relative dintre particulele de masă specifică diferită (efectul ortocinetic), cît şi prin curenţii acustici, care apar în spaţiile internodale ale undelor staţionare sau sînt generaţi de undele progresive.

Efectul ortocinetic a fost evaluat prin amplitudinea relativă a mişcării particulelor aflate în suspensie într-un mediu fluid [8]:

$$\frac{A_p}{A_f} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\pi \rho f d^2}{9\eta}}}, \quad (4)$$

în care:

A_p şi A_f reprezintă amplitudinea deplasării particulei, respectiv fluxului, în m;

ρ — densitatea particulei, în kg/m³;

f — frecvenţa, în 1/s;

d — diametrul particulei presupusă sferică, în m;

η — coeficientul de viscozitate dinamică a aerului, în kg/m.s.

Din curbele reprezentate în figura 2 rezultă, la o frecvenţă dată, că o baleiere importantă a particulei se instalează la valori mici ale raportului A_p/A_f sau, cu alte cuvinte, că efectul de baleiere este mai important pentru particulele de cărbune mai grosiere, decît pentru cele mai fine. Creşterea frecvenţei conduce la intensificarea procesului de baleiere, iar ridicarea temperaturii îl diminuează.

2. Alegerea şi dimensionarea generatorului de ultrasunete

Pentru generarea ultrasunetelor se pot utiliza diferite tipuri de generatoare: hidromecanice, electromecanice, termice etc., descrise şi prezentate pe larg în literatură [8], [9], [10]. Dintre acestea trebuie alese cele care în condiţiile de lucru ale arzătorului pentru praf de cărbune, asigură intensitate sonoră şi fiabilitate superioară celorlalte tipuri de generatoare pentru ultrasunete.

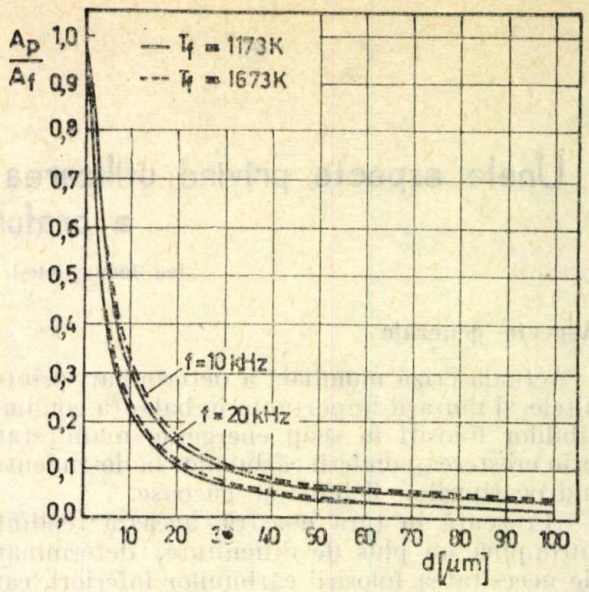


Fig. 2. Amplitudinea relativă a mişcării particulelor de cărbune şi gaze de ardere în funcţie de mărimea grăuntelui.

Autorii prezentului articol consideră că deziderateler anunţate mai înainte le răspunde cel mai bine generatorul Hartmann multiplu prezentat în figura 3. Aerul comprimat la 3—6 bar este adus prin racordul de alimentare 1 în cavitatea interioară 8 a generatorului. În

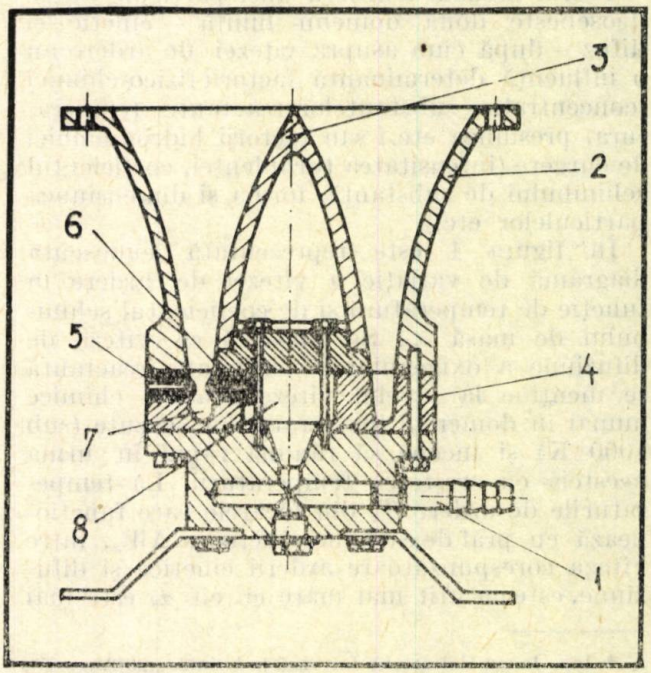


Fig. 3. Generator de ultrasunete tip Hartmann.

cele trei ajutaje convergente notate pe figură cu 6 aerul se destinde, viteza crește, iar presiunea scade. Jetul de aer se lovește de marginea ascuțită a cavității de rezonanță 5 și emite un cîmp sonor a cărui frecvență fundamentală este dependentă de presiunea și temperatura aerului de alimentare, de dimensiunile geometrice ale camerei de rezonanță a cărei adîncime poate fi reglată prin deplasarea cu ajutorul unui șurub micrometric al pistonașului interior. Blocul generatorului mai este prevăzut și cu o cameră de rezonanță suplimentară 7; undele ultrasonice, care iau naștere sînt dirijate mai departe cu ajutorul pavilionului exponențial 2 compus dintr-un con interior și o pîlnie exponențială.

Pentru stabilirea dimensiunilor principale ale generatorului Hartmann s-au utilizat indicațiile din [8]. Din figura 4, în care se reprezintă variația presiunii între ajutaj și camera

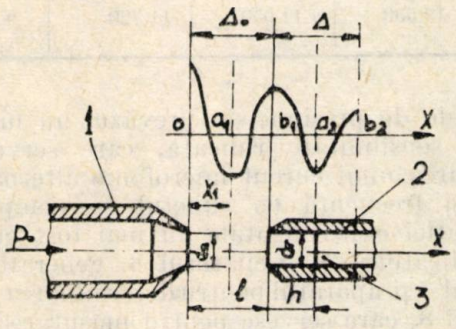


Fig. 4. Variația presiunii jetului între ajutaj și camera de rezonanță.

de rezonanță, se constată că presiunea atinge un minim în secțiunea a_1 aflată la distanța x_1 de secțiunea de ieșire din ajutaj. În secțiunea următoare b_1 presiunea devine din nou maximă și ciclul se repetă, distribuția presiunii în lungul jetului fiind periodică. Primul minim de presiune se află la distanța:

$$a_1 = d_a\,[1 + 0{,}0416\,(p_0 - 0{,}912)^2],\ [\text{mm}] \quad (5)$$

iar primul maxim:

$$b_1 = a_1 + d \cdot 0{,}433\sqrt{p_0 - 1{,}824},\ [\text{mm}] \quad (6)$$

în care d_a reprezintă diametrul ajutajului, iar p_0 — presiunea inițială.

Diametrul camerei de rezonanță rezultă din relația:

$$d_r = K_d d_a,\ [\text{mm}] \quad (7)$$

unde:

$K_d = 1{,}33$ reprezintă un raport adimensional.

Frecvența maximă este dată de relația:

$$f_{max} = \frac{5860}{d_a},\ [\text{Hz}] \quad (8)$$

iar domeniul de reglare a frecvenței:

$$R = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{max}} 100 = 9{,}025\,(p_0 - 0{,}912).\ [\%] \quad (9)$$

Randamentul acustic al generatorului are valoarea:

$$\eta_a = \frac{W_a}{W_m} 100,\ [\%] \quad (10)$$

în care puterea acustică emisă W_a și puterea mecanică W_m necesară creării jetului se stabilesc din relațiile:

$$W_a = 297{,}08 \cdot d_a^2 \sqrt{p_0 - 0{,}912}\ \left[\frac{\text{W}}{\text{cm}^2}\right] \quad (11)$$

și

$$W_m = 5384{,}5\ d_a^2 (p_0 - 1{,}013)(p_0 + 1{,}013)^{0{,}291} - 1.\ \left[\frac{\text{W}}{\text{cm}^2}\right] \quad (12)$$

Calculele au fost efectuate pentru cinci valori ale diametrelor d_a și trei valori pentru presiunea inițială, în scopul stabilirii, prin încercări, a soluției optime. Pentru exemplificare, în tabelul 1 sînt concentrate rezultatele calculelor pentru $p_0 = 4$ bar.

Profilul pavilionului exponențial (fig. 5) s-a determinat cu relațiile:

$$y_1 = \sqrt{R^2 - \frac{A_0 e^{mx}}{2}} \quad (13)$$

și

$$y_2 = \sqrt{R^2 + \frac{A_0 e^{mx}}{2}} \quad (14)$$

unde:

y_1 și y_2 reprezintă raza curentă interioară și exterioară;

A_0 — aria secțiunii inelare inițiale;

R — raza care împarte aria secțiunii de intrare în părți egale;

m — exponentul a cărui valoare se determină impunînd distanța x la care $y_1 = 0$.

3. Încercări experimentale privind schimbul de căldură și masă în cîmp sonor

Instalația experimentală, prezentată schematic în figura 6, se compune dintr-un generator de ultrasunete 2, o coloană cilindrică *1* și aparatura de măsură. În coloana 1 este dispusă o rezistență electrică 10, racordată la o sursă de curent, și un grătar 9 pentru așezarea granulelor de naftalină. Generatorul Hartmann este alimentat cu aer comprimat prin conducta 3 și are trei ajutaje cu $d_a = 3$ mm. Ca detector

Tabelul 1

Rezultatele calculului generatorului de ultrasunete tip Hartman

Nr. crt.	Denumirea	Simb.	U.M.	Diametru ajutaj d_a [mm]				
				2	3	4	5	6
1	Diametrul camerei de rezonanță	d_r	mm	2,66	4	5,3	6,6	8
2	Distanța pînă la primul minim de presiune	a_1	mm	2,79	4,19	5,58	6,98	8,38
3	Distanța pînă la primul maxim de presiune	b_1	mm	4,07	6,1	8,14	10,17	12,21
4	Puterea acustică emisă	W_a	$\frac{W}{cm^2}$	20,88	46,98	83,52	130,51	187,93
5	Puterea mecanică necesară creării jetului	W_n	$\frac{W}{cm^2}$	646,26	1 454	2 585	4 039	5 816
6	Randamentul acustic al generatorului	η_a	%	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23
7	Debitul volumic specific de gaz	D_v	$\frac{m^3}{min\ cm^2}$	0,1743	0,3921	0,697	1,089	1,56
8	Frecvența maximă	f_{max}	Hz	29 300	19 533	14 650	11 720	9 766

$p_0 = 4$ bar

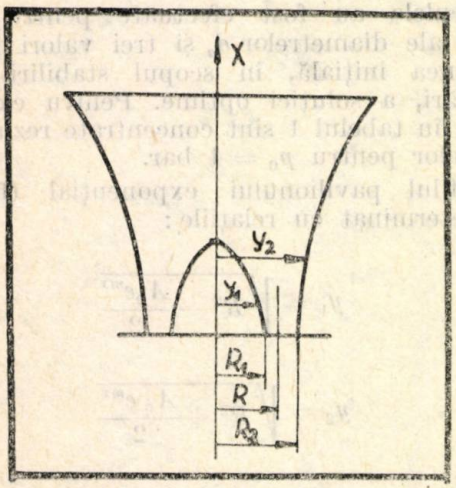


Fig. 5. Schemă pentru calculul pavilionului exponențial.

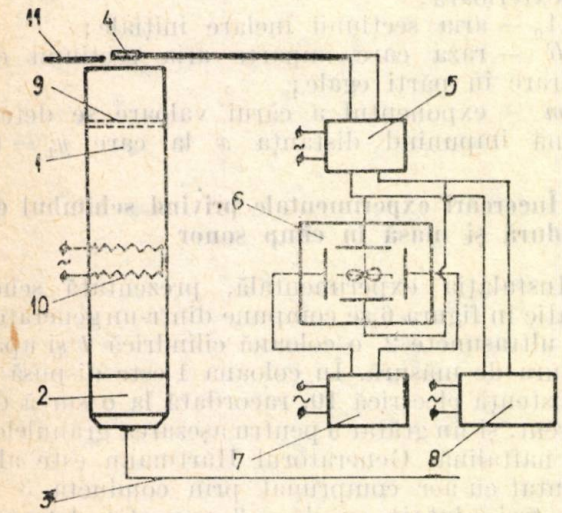


Fig. 6. Schema instalației experimentale.

de unde de presiune s-a prevăzut un microfon 4 cu sensibilitate ridicată, care servește la generarea unui curent microfonic alternativ cu aceeași frecvență cu sunetul. În componența instalației experimentale au mai fost cuprinse amplificatorul 5, oscilatorul 6, generatorul de semnal 7 și aparatul pentru determinarea amplitudinii 8, care servesc pentru măsurarea parametrilor ultrasunetelor.

După pornirea instalației, cu ajutorul instrumentelor de măsură se reglează cele trei rezonatoare astfel ca frecvențele lor de lucru să fie cît mai apropiate. Se conectează în circuit rezistența electrică, iar cu termometrul 11, plasat deasupra coloanei, se măsoară temperatura aerului care părăsește coloana.

În prima serie de încercări s-a urmărit ca frecvența ultrasunetelor emise de generator să fie astfel stabilizată încît temperatura aerului să fie maximă la ieșirea din coloană. În aceste condiții s-a măsurat $t_{2p} = 61°C$.

Reducîndu-se la zero volumul camerei de rezonanță, generarea de ultrasunete se oprește. Temperatura aerului, măsurată în aceste condiții, a fost $t_2 = 48\ C°$. În ambele cazuri temperatura aerului măsurată în absența încălzirii rezistenței electrice a fost constantă, $t_1 = 23°C$.

În regim staționar, fluxul de căldură cedat de rezistența electrică este egal cu cel primit de aer, astfel că se pot scrie relațiile:

— în prezența ultrasunetelor:

$$m_a c_{pa}(t_{2p} - t_1) = \alpha_p S(t_r - t_1); \qquad (15)$$

— în absența ultrasunetelor:

$$m_a c_{pa}(t_2 - t_1) = \alpha S(t_r - t_1), \qquad (16)$$

în care:

m_a este debitul masic de aer, în kg/s;

c_{pa} — capacitatea calorică specifică a aerului, în J/kg. grd;

α_p și α — coeficientul de convecție în prezența, respectiv absența ultrasunetelor, în W/m². grd.;

S — suprafața rezistenței electrice, în mm²;

t_r — temperatura rezistenței electrice, în °C.

Din raportul relațiilor (15) și (16) rezultă:

$$\frac{\alpha_p}{\alpha} = \frac{t_{2p} - t_1}{t_2 - t_1} = \frac{61 - 23}{48 - 23} = 1{,}52, \quad (17)$$

ceea ce arată că în prezența ultrasunetelor transferul de căldură crește cu 152%, în condiții de încercare precizate mai sus.

Pentru stabilirea influenței ultrasunetelor asupra schimbului de masă, pe grătarul 9 s-a presărat cantitatea $M = 5{,}5$ g de granule fine de naftalină cu dimensiuni comparabile cu cele ale prafului de cărbune. S-a constatat că într-un interval de 10 minute s-au sublimat $\chi_p = 2{,}2$ g, în prezența ultrasunetelor, $\chi = 0{,}6$ g, în absența acestora.

Considerînd că procesul de difuziune al vaporilor de naftalină în curentul de aer poate fi descris printr-o ecuație de forma:

$$\frac{d\varkappa}{d\tau} = -k(M - \varkappa), \quad (18)$$

care prin integrare între limitele $\tau = 0$ și τ cînd masa de vapori crește de la $\varkappa = 0$ la $\varkappa$, devine:

$$k \int_{\tau=0}^{\tau} d\tau = -\int_{\chi=0}^{\chi} \frac{d\varkappa}{M - \varkappa}, \quad (19)$$

se poate obține expresia constantei de difuzie în absența ultrasunetelor:

$$k_p = \ln \frac{M}{M - \chi_p}, \quad (20)$$

respectiv în prezența ultrasunetelor:

$$k = \ln \frac{M}{M - \chi_p}. \quad (21)$$

În consecință, prin prezența ultrasunetelor schimbul de substanțe se intensifică în raportul:

$$\frac{k_p}{k} = \frac{\ln \frac{M}{M - \varkappa_p}}{\ln \frac{M}{M - \varkappa}} = \frac{\ln \frac{5{,}5}{5{,}5 - 2{,}2}}{\ln \frac{5{,}5}{5{,}5 - 0{,}6}} = 4{,}44. \quad (22)$$

4. Concluzii și propuneri

Rezultatele experimentale obținute în condițiile de mai sus confirmă presupunerile teoretice că prezența ultrasunetelor conduce la intensificarea schimbului de căldură și substanță. Aceste rezultate promițătoare impun, pe de o parte, adîncirea cercetărilor experimentale în sensul stabilirii unor corelații între proprietățile ultrasunetelor și schimbul de căldură și masă, iar, pe de altă parte, dau speranța că înzestrarea unor arzătoare pentru praf de cărbune cu generatoare de ultrasunete va conduce la îmbunătățirea aprinderii și arderii, ca urmare a intensificării schimbului de căldură și substanță între mediul din focar și particule.

Este de așteptat ca lungimea flăcării să se micșoreze, iar pierderile relative de căldură prin ardere incompletă și imperfectă să scadă. Totodată stabilitatea aprinderii crește și ca urmare se întrevede posibilitatea reducerii sau chiar renunțării la aportul caloric al păcurii. Autorii apreciază că procesul de ardere a particulelor de cărbune într-un cîmp ultrasonor se va intensifica în măsura în care frecvența ultrasunetelor emise va coincide cu frecvența proprie a oscilațiilor particulelor de cărbune. Cum acestea din urmă au dimensiuni cuprinse între 0 și cîteva sute de microni, înseamnă că va exista un anumit domeniu optim de frecvență, care urmează să fie stabilit prin încercări experimentale.

Bibliografie

[1] Pănoiu, N. ș. a. *Valorificarea prin ardere a combustibililor inferiori.* E. T., București, 1977.

[2] Postelnicescu, M. ș. a. *Studiul pe baza literaturii de specialitate privind construcția cazanelor pentru combustibil solid cu conținut ridicat de cenușe.* I. P. B., 1971.

[3] Nistor, I. *Cercetări privind arderea combustibililor solizi în strat fluidizat.* În: Construcția de mașini, nr. 10, 1975.

[4] Ungureanu, C. *Generatoare de abur pentru instalații energetice clasice și nucleare.* E. D. P., București, 1977.

[5] Pănoiu, N. *Cazane de abur.* E. D. P., București, 1982.

[6] Carabogdan, I., Pănoiu, N. *Bazele teoretice ale aprinderii și arderii combustibililor solizi.* Ed. Academiei R. S. R., București, 1969.

[7] Charpent, L. *Thèse de doctorat es-sciences.* Sorbonne Paris, 1957.

[8] Popa, B., Iscrulescu, V. *Procese de ardere în cîmp sonor.* Ed. Academiei, R. S. R., București, 1973.

[9] Bădărău, E., Grumăzescu, M. *Ultraacustica fizică și tehnică.* Ed. T., București, 1967.

[10] Simoi, C. *Fizica*, vol. I, I. P. T. V. Timișoara 1978.

[Primit la 22 septembrie 1983, acceptat la 20 noiembrie 1983]

Supratensiuni temporare la funcționarea unei linii lungi în gol

Ing. Fănică Vatră*

Temporary Overvoltages During the No—Load Operation of a Long Line

(Condensed from the paper in Romanian)

General considerations

The decrease of the withstanding and protection insulation level, as a result of the electric network rated voltage increase, rezults in increased importance of temporary overvoltages. The temporary overvoltages influence the philosophy and the operation of arresters, transformers etc., and they represent a decisive factor in the choice and insulation coordination. Thus, the study of the phenomena which generate temporary overvoltages, the determination of the occurence conditions, of the amplitudes and frequencies of the overvoltages, of the means and measures to reduce their amplitudes and durations appear as a necessity of the first order.

During the steady no-load operation regime of a long line there occur voltage increases which can lead, under certain circumstances to the insulation breakdown. Parallel the voltage increase the no-load line operation regime is connected to the loading of generators with a reactive load and to their self-excitation. An efficient means to reduce the voltage is the transversal line compensation with reactance coils.

1. Determining temporary overvoltages during the no-load operation of a long line

The voltage along the line will depend on the voltage value on the supply busbar preceding the line connection, on the connection point, on the number and power of the transversal compensation coils, on the shortcircuit power of the source, on the line length and parameters.

1.1. Voltage variations on the line during the no-load line operation

The voltage in a point x of the line is given by [2] :

$$\underline{U}_x = \underline{E} \cdot \frac{ch\,(\underline{\gamma}\cdot l - \underline{\gamma}x)\cdot ch\,\underline{\alpha}_1}{ch\,(\underline{\gamma}\cdot l + \underline{\alpha}_1)}. \tag{1}$$

in which :

$$th\,\underline{\alpha}_1 = \frac{\underline{Z}_S}{\underline{Z}_c} \tag{4}$$

where $\underline{E}$ is the supply bar voltage before the line connection ;

$\underline{\gamma} = \alpha + j\beta$ — the propagation constant ;
l — the line length ;
$\underline{Z}_S$ — the source impedance ;
$\underline{Z}_c$ — the characteristic line impedance.

In case of neglecting the resistances (1) becomes :

$$\underline{U}_x = E \cdot \frac{\cos\,(\beta\cdot l - \beta x)\cdot \cos\alpha_1}{\cos\,(\beta\cdot l + \alpha_1)}. \tag{5}$$

where :

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}\frac{\omega L_S}{Z_c} = \operatorname{arctg}\frac{X_S}{Z_c} \tag{6}$$

For

$$\beta\cdot l + \alpha_1 = \frac{\pi}{2}. \tag{7}$$

a resonance phenomenon occurs, the voltage can acquire infinitely higher values, while the resonance is produced for the line length :

$$l_{rez} = \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right)\cdot\frac{1}{\beta} \tag{8}$$

In the case of an infinite power source ($X_s = 0$, $\alpha_1 = 0$) the resonance condition is fulfilled for a 1500 km line. In practice the line resistance and the corona phenomena reduce the voltages amplitudes. The line resistance limits the voltage to the value given by expression [1] :

$$U_{2max} = \frac{E}{\alpha\cdot l} = \frac{E}{\frac{R_0 l}{2Z_c}}, \tag{9}$$

where R_0 is the line resistance, in Ω/km.

1.2. The transverse compensation reactors influence on the line voltage

In case of connecting the transversal compensation coils at both line ends operating in no-load (Figure 1) the voltage in a point x of the line is determined with [2] :

$$\underline{U}_x = \underline{E}\cdot\frac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_S}\cdot\frac{sh\,\underline{\alpha}_1\cdot sh(\underline{\gamma}\cdot l - \underline{\gamma}\cdot x_1 + \underline{\alpha}_2)}{sh\,(\underline{\gamma}\cdot l + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2)} \tag{10}$$

in which :

$$th\,\underline{\alpha}_1 = \frac{\underline{Z}_{R1}\cdot\underline{Z}_S}{\underline{Z}_{R1} + \underline{Z}_S}\cdot\frac{1}{\underline{Z}_c} \tag{11}$$

$$th\,\underline{\alpha}_2 = \frac{\underline{Z}_{R2}}{\underline{Z}_c} \tag{12}$$

where $\underline{Z}_{R1}$ and $\underline{Z}_{R2}$ represent the impedance of the transversal compensation coils.

Relation (8) with notations (9) and (10) is the most general formula for determining the voltages in any point of the line for any network configuration, for any transversal compen-

* Fănică Vatră este inginer proiectant la ISPE.

sation hypothesis, considering or not the resistances the line being in load or in no-load operation.

The maximum compensation efficiency is obtained by connecting a reactance coil at the no-load end.

2. An overvoltage calculation algorithm

For the calculation of temporary overvoltage produced by the no-load operation of a long line, a computation program called LINIEGOL was set up whose algorithm is based on the diagrame from Figure. 2. The diagrame presents a line with the length $l = l_1 + l_2$ with the possibility to of consider in an intermediat sub-station to which a consumer or a transversal compensation coil can be connected.

The voltage in a point x_1 on the section of the line with the length l_1, considering the influence of section l_2 is determined with relation [3].

$$\underline{U}_x = \underline{E} \cdot \frac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_S} \cdot \frac{sh\,\underline{\alpha}_1 \cdot sh\,(\underline{\gamma}_1 \cdot l_1\, \underline{\gamma}_1 \cdot x_1 + \underline{\alpha}_2)}{sh\,(\underline{\gamma}_1 \cdot l_1 + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2)} \tag{13}$$

in which

$$\text{th}\,\underline{\alpha}_1 = \frac{\underline{Z}_{R1} \cdot \underline{Z}_S}{\underline{Z}_{R1} + \underline{Z}_S} \cdot \frac{1}{\underline{Z}_{c1}} \tag{20}$$

$$th\ \underline{\alpha}_2 = \frac{\underline{Z}_{R2} \cdot \underline{Z}_{23}}{\underline{Z}_{R2} + \underline{Z}_{R3}} \cdot \frac{1}{\underline{Z}_{c1}} \tag{21}$$

where :

$$\underline{Z}_{23} = \underline{Z}_{c2} \cdot th\ (\underline{\gamma}_2 \cdot l_2 + \underline{\alpha}_3), \tag{22}$$

$$th\ \underline{\alpha}_3 = \frac{\underline{Z}_{R3}}{\underline{Z}_{c2}}. \tag{23}$$

$\underline{Z}_{c1}$, $\underline{Z}_{c2}$ $\underline{\gamma}_1$, $\underline{\gamma}_2$ are the characteristic impedances and the propagation constants of the two line sections.

The voltage in point x_2 of the line section with a length l_2 taking into account the infuence of the line l_1 section as well, can be determined with :

$$\underline{U}_{x2} = \underline{E} \cdot \frac{\underline{Z}_{c1}}{\underline{Z}_S} \cdot \frac{sh\underline{\alpha}_1 \cdot sh\,\underline{\alpha}_2 \cdot sh\,(\underline{\gamma}_2\, l_2 - \underline{\gamma}_2\, x_2 + \underline{\alpha}_3)}{sh\ (\underline{\gamma}_1\, l_1 + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2) \cdot sh\,(\underline{\gamma}_2\, l_2 + \underline{\alpha}_2)} \tag{25}$$

3. Calculation results and conclusions

The program LINIEGOL was used to carry out temporary overvoltages calculations for the 400 and 750 kV line. The above given algorithm and program enables a parametric calculation of these overvoltages enabling the variations of the following parameters : the source shortcircuit power, the line length, the compensation degree, the compensation point, the possibility to consider certain consumers with a certain power factor in any point of the line. The electric parameters of the line, supply system, load and compensation coils can be considered in a complex form (resistance and reactances) enabling the analysis of the resistive components influence on the overvoltage values.

The Figures 3 — 12 give some calculation results to illustrate the influence of different parameters on the values of the 400 and 750 kV networks overvoltages. The complete results are given in [3] and [6].

The analysis of the calculation results must be carried out considering two aspects. The temporary overvoltages are important in the choice of characteristics of some apparatuses due to their amplitude and duration and in the determination the permanent components of the switching overvoltages. Thus, not only high temporary overvoltages must be surveyed but also smaller values which can cause negative effects in case they are of longer duration.

From the analysis of the diagrams presented in Figures 3 — 12 one can see that :

— the values of temporary overvoltages increase with the line length and decrease with the supply system shortcircuit power increase ;

— the main and most efficient means to reduce temporary overvoltages during no-load line connection is the transversal compensation, and it is very efficient to compensate the no-load line end, and in small shortcircuit power networks ;

— the line resistance, the supply system and the corona phenomenon reduce temporary overvoltages amplitudes in the resonance area mainly. If the calculation diagram is not located within the resonance area the influence of the line resistances and of the supply source can be neglected in calculation.

Taking into account the above mentioned it results that :

— the compensation degree depends on the line characteristics, the supply system shorticircuit power and from the point of view of temporary overvoltages, on the durations and values to which these overvoltages must be limited ; limits depend capacity of the equipment to withstand a certain time the voltage increases ;

— the no-load line connection must be performed with the reactance coils connected and the connection is to be performed from the line end with higher shortcircuit power ;

— if the temporary overvoltages level reduction is not achieved by compensation, certain overvoltage decrease measures are to be taken in operation by using certain system protections and automatic devices to protect the equipment by reducing the duration of temporary overvoltages

Considerații generale

Coborîrea nivelului de protecție în raport cu tensiunea nominală, ca urmare a creșterii tensiunii nominale a rețelelor electrice, are ca efect creșterea importanței supratensiunilor temporare, care, prin faptul că sînt oscilații întreținute în timp, au o influență dezavantajoasă asupra concepției și funcționării descărcătoarelor, transformatoarelor etc.

Studierea fenomenelor care generează supratensiuni temporare, determinarea amplitudinilor acestor supratensiuni, apare ca o necesitate de cea mai mare importanță.

În regim staționar de funcționare în gol al unei linii electrice aeriene lungi au loc creșteri de tensiune, care, în anumite condiții, pot să ducă la distrugerea izolației. Paralel cu creșterea tensiunii, regimul de funcționare al liniei în gol este legat de încărcarea generatoarelor cu sarcină reactivă și de autoexcitarea acestora.

Un mijloc eficace pentru reducerea creșterilor de tensiune constă în compensarea transversală a liniei. În cazul unei linii lungi intervin elemente nelineare și anume inductivitatea de magnetizare a transformatoarelor și apariția fenomenului corona. Existența unui circuit nelinear dat de inductivitatea de magnetizare a transformatorului conduce la reducerea supratensiunilor de frecvență fundamentală, dar poate să conducă și la fenomene de rezonanță pe armonici ; apariția descărcării corona are drept consecință amortizarea oscilațiilor și reducerea supratensiunilor. Datorită complexității fenomenelor și modului de calcul, determinarea

analitică a expresiilor tensiunilor s-a efectuat în ipoteza neglijării nelinearităților menționate.

De asemenea nu se consideră cazul unei linii funcționînd în permanență în gol, deoarece prin măsurile luate la proiectarea liniei (compensare transversală, scenarii de comutație etc.) se presupune că, în mod normal, tensiunea maximă la extremități rămîne inferioară tensiunii maxime pentru aparataj. Fenomenul interesează în măsura în care măsurile de protecție nu au funcționat.

Analiza acestor supratensiuni în faza de proiectare permite determinarea măsurilor adecvate pentru limitarea acestor supratensiuni la valori admisibile.

1. Determinarea supratensiunilor temporare la funcționarea unei linii lungi în gol

Tensiunea de-a lungul liniei va depinde de valoarea tensiunii pe bara de alimentare înainte de conectarea liniei, de modul de conexiune, numărul și puterea reactoarelor de compensare transversală, de valoarea puterii de scurtcircuit a sursei, de lungimea și parametrii liniei.

1.1. Variația tensiunii pe linie în cazul funcționării în gol a unei linii electrice aeriene

În cazul considerării pierderilor, tensiunea într-un punct oarecare x al liniei și la cele două extremități este dată de expresiile [2]:

$$\underline{U}_x = \underline{E} \cdot \frac{ch(\underline{\gamma} \cdot l - \underline{\gamma} \cdot x)\, ch\, \underline{\alpha}_1}{ch(\underline{\gamma} \cdot l + \underline{\alpha}_1)}, \tag{1}$$

$$\underline{U}_1 = \underline{E} \cdot \frac{ch\, \underline{\gamma} \cdot l \cdot ch\, \underline{\alpha}_1}{ch(\underline{\gamma} \cdot 1 + \underline{\alpha}_1)}, \tag{2}$$

$$\underline{U}_2 = \underline{E} \cdot \frac{ch\, \underline{\alpha}_1}{ch(\underline{\gamma} \cdot l + \underline{\alpha}_1)}, \tag{3}$$

cu notația

$$th\, \underline{\alpha}_1 = \frac{\underline{Z}_S}{\underline{Z}_c}, \tag{4}$$

unde:

$\underline{E}$ reprezintă tensiunea pe bara de alimentare înainte de conectarea liniei;

$\underline{\gamma} = \alpha + j\beta$ — constanta de propagare;

l — lungimea liniei;

$\underline{Z}_S$ — impedanța sursei;

$\underline{Z}_c$ — impedanța caracteristică a liniei.

În cazul neglijării pierderilor, expresia (1) devine:

$$\underline{U}_x = E \cdot \frac{\cos(\beta \cdot l - \beta \cdot x) \cos \alpha_1}{\cos(\beta \cdot l + \alpha_1)}, \tag{5}$$

cu notația:

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg} \frac{\omega \cdot L_S}{Z_c} = \operatorname{arctg} \frac{X_S}{Z_c}. \tag{6}$$

Pentru

$$\beta \cdot l + \alpha_1 = \frac{\pi}{2} \tag{7}$$

are loc un fenomen de rezonanță, tensiunea putînd lua valori infinit mari, iar rezonanța se produce la lungimea de linie:

$$l_{rez} = \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right) \cdot \frac{1}{\beta}. \tag{8}$$

În cazul unei surse de putere infinită ($X_S = 0$, $\alpha_1 = 0$) condiția de rezonanță se realizează pentru o linie de 1500 km lungime, rezonanța purtînd numele de rezonanță „sfert de undă".

În realitate, rezistența liniei și fenomenul corona reduc amplitudinile tensiunilor. Rezistența liniei limitează tensiunea la valoarea dată de expresia [1].

$$U_{2\,max} = \frac{E}{\alpha \cdot l} = \frac{E}{\frac{R_0 \cdot l}{2Z_c}}. \tag{9}$$

Pentru tensiunea de ordinul $(1{,}05-1{,}5) \cdot U_f$ apare descărcarea corona, care reduce sensibil amplitudinile tensiunilor, deplasînd, totodată, maximumul spre lungimi de linii mai mici de 1500 km [1], [5].

1.2. Influența reactoarelor de compensare transversală asupra tensiunii de pe linie

Reducerea supratensiunilor datorate efectului capacitiv al liniilor se realizează prin utilizarea reactoarelor de compensare transversală, montate între fază și pămînt. Reactoarele se pot conecta direct la linie sau pe terțiarul transformatoarelor și autotransformatoarelor. Tensiunea pe linie și la cele două extremități va depinde de modul de conexiune al reactoarelor, de numărul, locul și puterea acestora.

În cazul montării de reactoare la ambele extremități ale unei LEA funcționînd în gol (fig. 1) tensiunea într-un punct oarecare x al liniei se determină cu expresia [2]:

$$\underline{U}_x = \underline{E} \cdot \frac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_S} \cdot \frac{sh\, \underline{\alpha}_1\, sh\,(\underline{\gamma} \cdot l - \underline{\gamma} \cdot x + \underline{\alpha}_2)}{sh\,(\underline{\gamma} \cdot l + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2)}, \tag{10}$$

cu notațiile:

$$th\, \underline{\alpha}_1 = \frac{\underline{Z}_{R1} \cdot \underline{Z}_S}{\underline{Z}_{R1} + \underline{Z}_S} \cdot \frac{1}{\underline{Z}_c}; \tag{11}$$

$$th\, \underline{\alpha}_2 = \frac{\underline{Z}_{R2}}{\underline{Z}_c}, \tag{12}$$

unde :

$\underline{Z}_{R1}$ și $\underline{Z}_{R2}$ reprezintă impedanțele reactoarelor.

Relația (10) cu notațiile (11) și (12) reprezintă cea mai generală expresie pentru determinarea tensiunilor în orice punct al liniei, pentru orice schemă de rețea, pentru orice ipoteză de montare a reactoarelor de compensare transversală cu sau fără considerarea pierderilor, linia funcționînd în gol sau în sarcină.

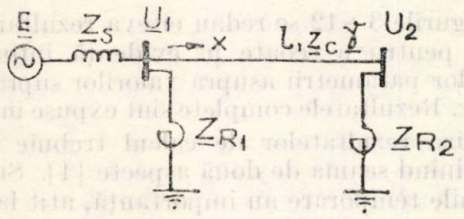


Fig. 1. Schema echivalentă de calcul, linia avînd montate reactoare la ambele extremități.

Pentru linia funcționînd în gol, avînd montat un reactor la capătul în gol, expresia (10) devine :

$$\underline{U}_x = \underline{E}\,\frac{sh\,\underline{\alpha}_1 \cdot sh\,(\underline{\gamma}\cdot l - \underline{\gamma}\cdot x + \underline{\alpha}_2)}{sh(\underline{\gamma}\cdot l + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2)}, \qquad (13)$$

cu notația (4) pentru $\underline{\alpha}_1$ și (12) pentru $\underline{\alpha}_2$.

Neglijînd pierderile, expresia 10 devine :

$$U_x = E \cdot \frac{\cos\alpha_1 \cdot \sin(\lambda - \lambda_x + \alpha_2)}{\sin(\lambda + \alpha_1 + \alpha_2)}, \qquad (14)$$

cu notațiile :

$$\operatorname{tg}\,\alpha_1 = \frac{X_S}{Z_c}; \quad \operatorname{tg}\,\alpha_2 = \frac{X_{R2}}{Z_c}; \qquad (15)$$

$$\lambda = \beta \cdot l; \quad \lambda_x = \beta \cdot x.$$

Tensiunea maximă apare în punctul liniei unde :

$$\lambda - \lambda_x + \alpha_2 = \frac{\pi}{2},$$

sau :

$$\lambda_x = \lambda + \alpha_2 - \frac{\pi}{2} = \lambda - \lambda_r, \qquad (16)$$

cu condiția ca $\lambda > \lambda_r$. Cu λ_r s-a notat lungimea de undă a tronsonului de linie compensat de reactor :

$$\lambda_r = \frac{\pi}{2} - \alpha_2 = \operatorname{arctg}\frac{Q_r}{P_{nat}}, \qquad (17)$$

unde :

Q_r este puterea nominală a reactorului ;

P_{nat} — puterea naturală a liniei.

Eficacitatea maximă a compensării se obține prin montarea reactorului la sfîrșitul liniei. Utilizarea de reactoare cu $Q_r = 300$ MVA, pentru tensiunea de 750 kV corespunde la $\lambda = 7{,}5°$ și compensează curenții capacitivi generați de un tronson de linie cu lungimea de 125 km.

Pentru linia funcționînd în gol, avînd montat un reactor la capătul de alimentare al liniei, expresia (10) devine :

$$\underline{U}_x = \underline{E}\,\frac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_S} \cdot \frac{sh\,\underline{\alpha}_1 \cdot ch\,(\underline{\gamma}\cdot l - \underline{\gamma}\cdot x)}{ch\,(\underline{\gamma}\cdot l + \underline{\alpha}_1)}, \qquad (18)$$

cu notația (11) pentru $\underline{\alpha}_1$.

2. Prezentarea unui algoritm de calcul al supratensiunilor

Pentru calculul supratensiunilor temporare generate la funcționarea unei linii lungi în gol s-a alcătuit un program de calcul denumit LINIEGOL, al cărui algoritm are la bază schema din figura 2

Schema prezintă o LEA de lungime $l = l_1 + l_2$, existînd posibilitatea considerării unei stații intermediare, în care poate fi racordat un consumator sau un reactor de compensare transversală.

Tensiunea într-un punct oarecare x_1 al tronsonului de linie de lungime l_1, luînd în considerare și influența tronsonului l_2, se determină cu relația [3].

$$\underline{U}_{x1} = \underline{E} \cdot \frac{\underline{Z}_{c1}}{\underline{Z}_S} \cdot \frac{sh\,\underline{\alpha}_1 \cdot sh\,(\underline{\gamma}_1 \cdot l_1 - \underline{\gamma}_1 \cdot x_1 + \underline{\alpha}_2)}{sh\,(\underline{\gamma}_1 \cdot l_1 + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2)} \qquad (19)$$

cu notațiile :

$$th\,\underline{\alpha}_1 = \frac{\underline{Z}_{R1} \cdot \underline{Z}_S}{\underline{Z}_{R1} + \underline{Z}_S} \cdot \frac{1}{\underline{Z}_{c1}}, \qquad (20)$$

$$th\,\underline{\alpha}_2 = \frac{\underline{Z}_{R2} \cdot \underline{Z}_{23}}{\underline{Z}_{R2} + \underline{Z}_{23}} \cdot \frac{1}{\underline{Z}_{c1}}, \qquad (21)$$

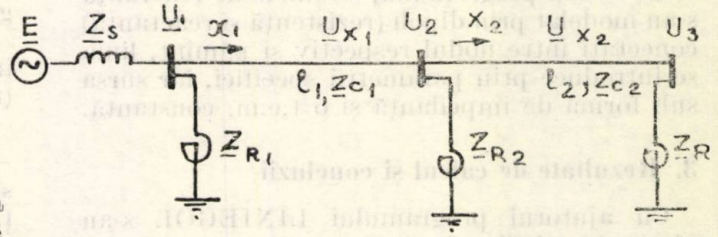


Fig. 2. Schema de calcul luată în considerare la alcătuirea algoritmului de calcul al programului LINIEGOL.

unde $\underline{Z}_{23}$ este impedanța de intrare a tronsonului de linie de lungime l_2, privit din punctul 2, dată de relația :

$$\underline{Z}_{23} = \underline{Z}_{c2} \cdot th\,(\underline{\gamma}_2 \cdot l_2 + \underline{\alpha}_3), \qquad (22)$$

unde :

$$th\underline{\alpha}_3 = \frac{\underline{Z}_{R3}}{\underline{Z}_{c2}}, \qquad (23)$$

$\underline{Z}_{c1}$, $\underline{Z}_{c2}$, $\underline{\gamma}_1$, $\underline{\gamma}_2$ fiind impedanțele caracteristice și constantele de propagare pe cele două tronsoane de linie.

Tensiunea într-un punct oarecare x_2 al tronsonului de linie de lungimea l_2, luînd în considerare și influența tronsonului de linie l_1, se determină cu expresia :

$$\underline{U}x_2 = \underline{U}_3 \cdot \frac{sh\ (\underline{\gamma}_2 \cdot l_2 - \underline{\gamma}_2 \cdot x_2 + \underline{\alpha}_3)}{sh\ \underline{\alpha}_3}, \qquad (24)$$

sau :

$$\underline{U}_{x2} = \underline{E} \cdot \frac{\underline{Z}_{c1}}{\underline{Z}_S} \cdot \frac{sh\,\underline{\alpha}_1 \cdot sh\underline{\alpha}_2 sh\,(\underline{\gamma}_2 \cdot l_2 - \underline{\gamma}_2 \cdot x_2 + \underline{\alpha}_3)}{sh\,(\underline{\gamma}_1 \cdot l_1 + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2) \cdot sh(\underline{\gamma}_2 \cdot l_2 + \underline{\alpha}_3)}. \qquad (25)$$

Datorită greutății determinării în complex a funcțiilor hiperbolice inverse (pentru $\underline{\alpha}_1$, $\underline{\alpha}_2$, $\underline{\alpha}_3$) în locul relațiilor (19) și (25) se pot utiliza următoarele relații obținute după cîteva simple transformări :

$$\underline{U}x_1 = \underline{E} \cdot \frac{\underline{Z}_{c1}}{\underline{Z}_S} \cdot \frac{th\,\underline{\alpha}_1 \cdot [sh(\underline{\gamma}_1 \cdot l_1 - \underline{\gamma}_1 x_1) + th\underline{\alpha}_2 \cdot ch(\underline{\gamma}_1 \cdot l_1 - \underline{\gamma}_1 \cdot x_1)]}{sh\underline{\gamma}_1 \cdot l_1 + ch\,\underline{\gamma}_1 l_1 \cdot th\underline{\alpha}_1 + th\underline{\alpha}_2 \cdot (ch\underline{\gamma}_1 l_1 + sh\underline{\gamma}_1 l_1 \cdot th\underline{\alpha}_1)} \qquad (26)$$

$$\underline{U}_{x2} = \underline{E} \cdot \frac{\underline{Z}_{c1}}{\underline{Z}_S} \cdot \frac{th\underline{\alpha}_1 \cdot th\underline{\alpha}_2 [sh(\underline{\gamma}_2 \cdot l_2 - \underline{\gamma}_2 \cdot x_2) \cdot th\underline{\alpha}_3 ch(\underline{\gamma}_2 l_2 - \underline{\gamma}_2 x_2)]}{sh\underline{\gamma}_1 l_1 + ch\underline{\gamma}_1 l_1 \cdot th\,\underline{\alpha}_1 + th\underline{\alpha}_2 \cdot (ch\gamma_1 l_1 + sh\,\gamma_1 l_1 \cdot th\underline{\alpha}_1)} \cdot \frac{1}{sh\,\underline{\gamma}_2 l_2 + ch\,\underline{\gamma}_2 l_2 \cdot th\,\underline{\alpha}_3}. \qquad (27)$$

În cadrul programului, bobinele de reactanță s-au modelat prin dipoli (rezistență și reactanță) conectați între nodul respectiv și pămînt, linia se introduce prin parametrii specifici, iar sursa sub forma de impedanță și o t.e.m. constantă.

3. Rezultate de calcul și concluzii

Cu ajutorul programului LINIEGOL s-au efectuat calcule de supratensiuni temporare pentru LEA de 400 și 750 kV.

Algoritmul și programul prezentat permite un calcul parametric al acestor supratensiuni avînd posibilitatea variației următorilor parametrii : puterea de scurtcircuit a sursei, lungimea liniei, gradul de compensare, punctul de compensare, posibilitatea considerării unor consumatori cu un anumit factor de putere într-un punct oarecare al LEA. Parametrii electrici ai LEA, sistem, reactoare, sarcini, se pot considera sub formă complexă (rezistență și reactanță), putîndu-se analiza astfel și influența componentelor rezistive asupra valorilor supratensiunilor. De asemenea, se pot determina valorile supratensiunilor temporare, atît la cele două extremități ale LEA, cît și în orice punct de-a lungul LEA analizat.

În figurile 3 ÷ 12 se redau cîteva rezultate de calcul, pentru a scoate în evidență influența diferiților parametrii asupra valorilor supratensiunilor. Rezultatele complete sînt expuse în [3].

Analiza rezultatelor de calcul trebuie efectuată ținînd seama de două aspecte [4]. Supratensiunile temporare au importanță, atît la alegerea caracteristicilor unor aparate (descărcătoare, transformatoare etc.) prin amplitudinea și durata lor, cît și la determinarea componentei permanente a supratensiunilor de comutație. Deci, trebuie acordată atenție nu numai valorilor mari de supratensiuni temporare, care condiționează în mare măsură alegerea descărcătoarelor, ci și unor valori mai mici ale supratensiunilor, care pot să conducă la efecte negative asupra transformatoarelor în cazul acțiunii de durată (la 1,1 ori tensiunea nominală a transformatorului, datorită saturației curbei de magnetizare, crește foarte mult curentul de magnetizare, provocînd încălziri suplimentare în transformatoare) și la valori mari ale coeficientului total de supratensiune de comutație. Pentru LEA de 750 kV una din condiții este să nu se depășească tensiunea de $1{,}05 \cdot U_n = 787$ kV în cazul funcționării LEA în gol [5].

Din analiza diagramelor prezentate în figurile 3—12 se observă că :

— valorile supratensiunilor temporare cresc cu lungimea liniei ;

— valorile supratensiunilor temporare scad cu creșterea puterii de scurtcircuit a sursei ;

— compensarea transversală duce la reducerea supratensiunilor temporare, fiind mai eficace în cazul compensării la extremitatea în gol a LEA ;

— compensarea transversală este mai eficace în rețelele cu puteri de scurtcircuit mai mici (rețele mai slabe).

Pentru lungimi de LEA de 400 kV de 100 ÷ ÷ 300 km și puteri de scurtcircuit de 5 ÷ 15 GVA, specifice pentru rețelele de 400 kV din țara noastră, se observă că valorile supratensiunilor temporare sînt în diapazonul 1,0 ÷ ÷ 1,1 u.r., în funcție de gradul de compensare, (vezi fig. 3, 4, 5). Pentru o LEA de 400 kV-300 km cu $S_{sc} = 5$ GVA este necesară o compensare de circa 25 MVA/100 km (75 MVA) pentru ca aceste supratensiuni să nu depășească 1,05 u.r. În cazul în care puterea de scurtcircuit a stației de alimentare este mai mică,

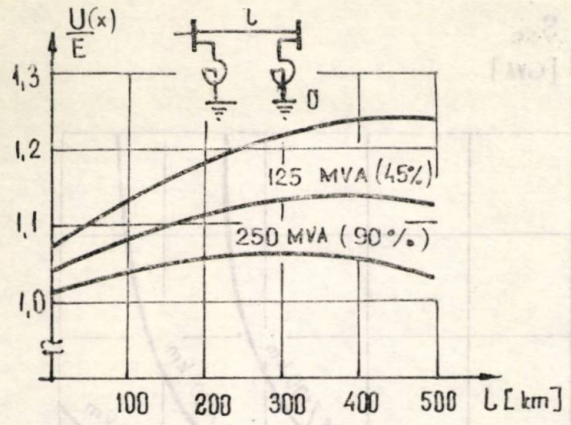


Fig. 3. Variația tensiunii de-a lungul unei LEA de 400 kV, 500 km, $S_{sc} = 5$ GVA. Compensare 0 %, 45 %, 90 %.

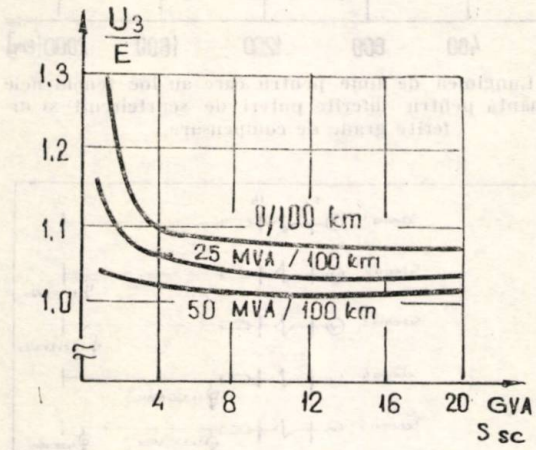


Fig. 4. Variația tensiunii la capătul în gol al unei LEA de 400 kV, 300 km, în funcție de puterea de scurtcircuit și gradul de compensare.

este necesară o compensare mai mare, iar la puteri de scurtcircuit mici ($\approx 1 \div 1{,}5$ GVA) este posibil, în anumite condiții, să apară rezonanța.

Figurile 6 ÷ 12 se referă la LEA de 750 kV. Analizînd figurile 7, 8, 9 se observă că lungimea de linie pentru care se produce rezonanța este funcție de puterea de scurtcircuit a sursei și de gradul de compensare. Cu cît puterea de scurtcircuit a sursei este mai mică cu atît fenomenul de rezonanță se produce la linii cu lungimi mai mici, iar cu cît gradul de compensare este mai mare, rezonanța se produce la linii cu lungimi mai mari. În figura 9 s-a redat grafic variația lungimii de linie pentru care are loc rezonanța, în funcție de puterea de scurtcircuit a sursei și de gradul de compensare. În această figură s-a considerat că rezonanța are loc acolo unde tensiunea, teoretic, este infinită. Dacă însă se consideră că fenomenul de rezonanță are loc într-o plajă determinată, de exemplu, de condiția $U > 2$ u.r., atunci rezultă că rezonanța trebuie luată în considerare pentru lungimi de linie mai

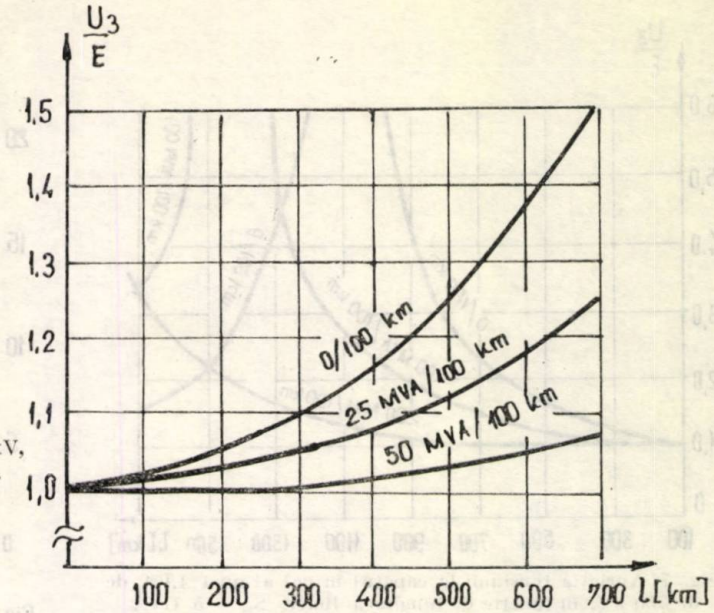


Fig. 5. Variația tensiunii la capătul în gol al unei LEA de **400 kV**, în funcție de lungimea liniei și gradul de compensare. $S_{sc} = 5$ GVA.

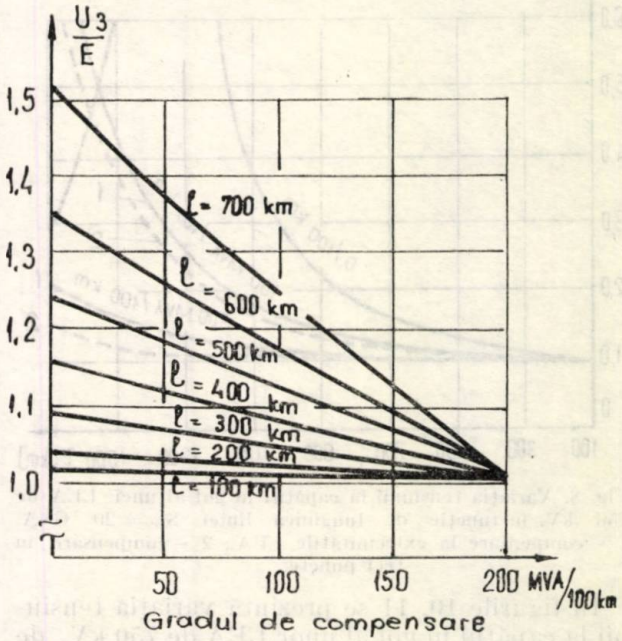


Fig. 6. Variația tensiunii la capătul în gol al unei LEA de 750 kV în funcție de gradul de compensare, pentru diferite lungimi de LEA. $S_{sc} = 20$ GVA.

mici decît cele prezentate în figura 9. De exemplu, în figura 7 rezonanța are loc la o LEA de circa 1100 km lungime, iar limita minimă a plajei de rezonanță ($U > 2$ u.r.) rezultă pentru LEA de aproximativ 600 km lungime. Rezultă deci că pentru LEA de 750 kV cu puteri de scurtcircuit mici ale stației de alimentare (<5GVA) rezonanța poate să apară, în anumite condiții, și pentru lungimi de linie de $200 \div 500$ km.

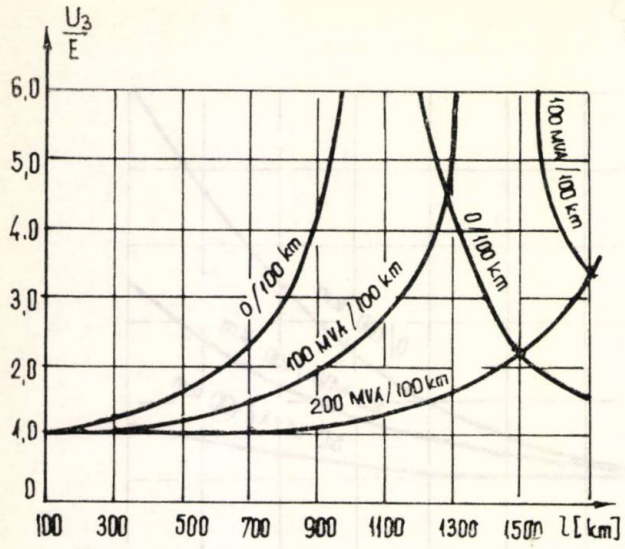


Fig. 7. Variația tensiunii la capătul în gol al unei LEA de de 750 kV, în funcție de lungimea liniei. $S_{sc} = 5$ GVA.

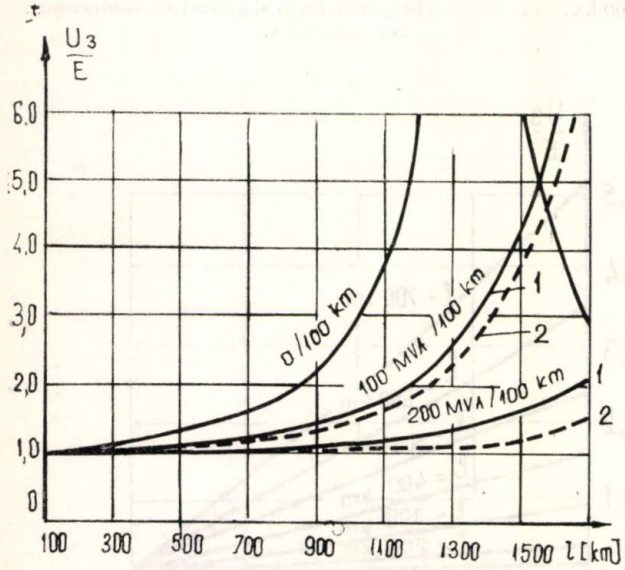


Fig. 8. Variația tensiunii la capătul în gol al unei LEA de 750 kV, în funcție de lungimea liniei. $S_{sc} = 20$ GVA. 1 — compensare la extremitățile LEA; 2 — compensare în trei puncte.

În figurile 10, 11 se prezintă variația tensiunii la capătul în gol al unor LEA de 750 kV, de lungime 420 km și 240 ÷ 420 km, în funcție de puterea de scurtcircuit a sursei și de gradul de compensare. Se observă că pentru puteri de scurtcircuit mai mici de 5 GVA, în majoritatea cazurilor apar fenomene de rezonanță. Ținînd cont că tensiunea la capătul în gol nu are voie să depășească $1{,}05 \cdot U_f = 787$ kV [5] rezultă necesarul de compensare și locul de montare a reactoarelor.

În figura 12 se prezintă influența rezistenței LEA asupra valorilor supratensiunilor temporare. Cu cît factorul de calitate a LEA (X/R) este mai mic, cu atît rezistența LEA are o influență mai mare asupra valorilor supraten-

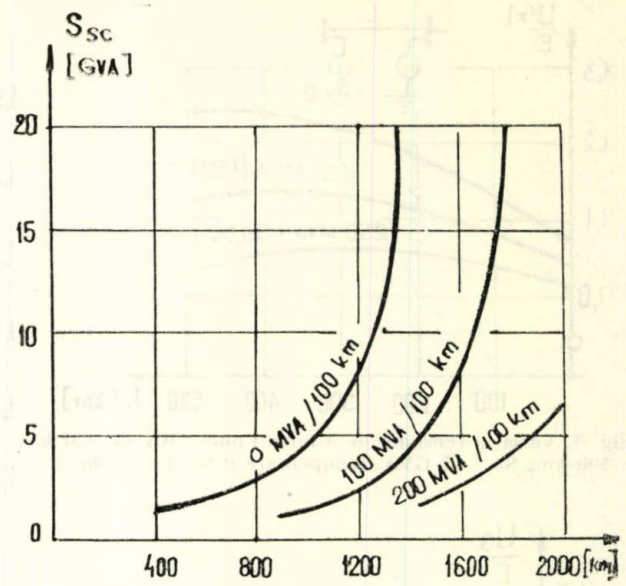


Fig. 9. Lungimea de linie pentru care au loc fenomenele de rezonanță pentru diferite puteri de scurtcircuit și diferite grade de compensare.

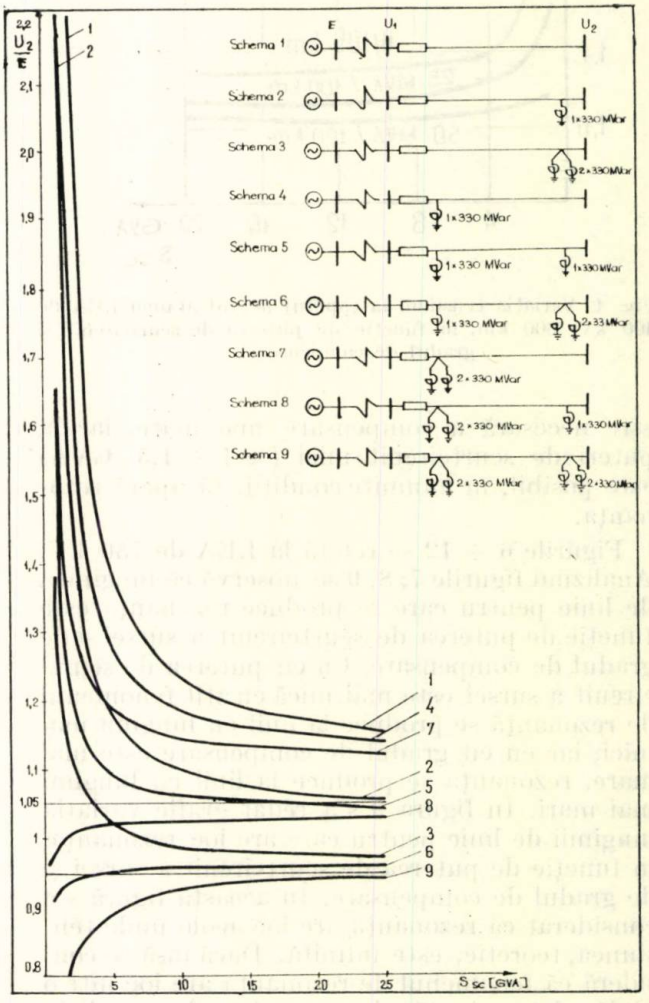


Fig. 10. Variația tensiunii la capătul liniei în gol, în funcție de puterea de scurtcircuit a sistemului, la conectarea unei linii de 750 kV (avînd lungimea 420 km) în gol.

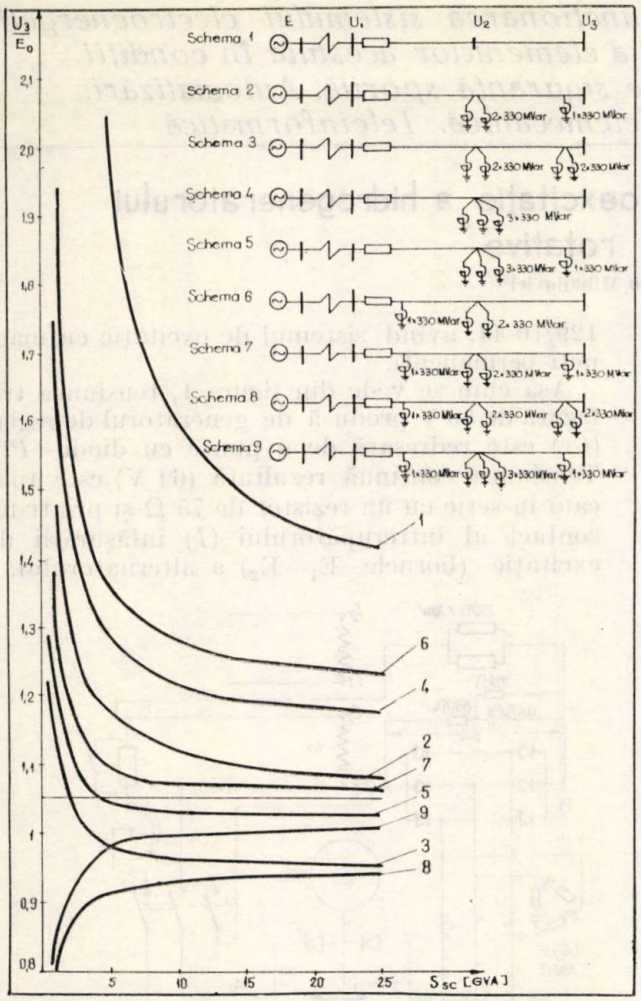


Fig. 11. Variația tensiunii la capătul liniei în gol în funcție de puterea de scurtcircuit a sistemului la conectarea unei linii de 750 kV (având lungimea de 240 + 420 km) în gol.

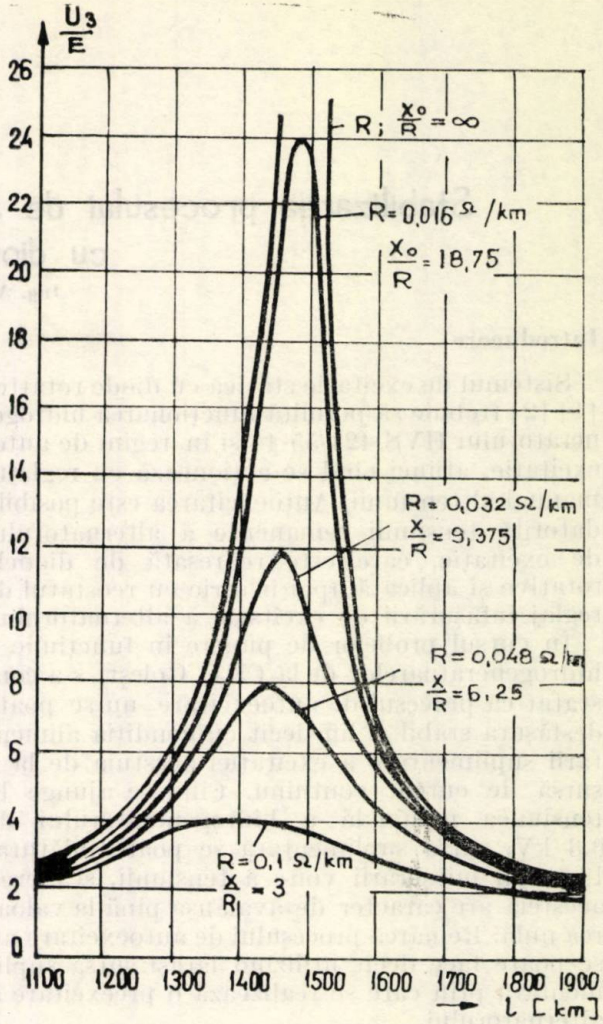


Fig. 12. Influența pierderilor rezistive ale LEA asupra valorilor supratensiunilor $S_{sc} = \infty$, LEA necompensată.

siunilor. Pentru $X/R = 18{,}75$, care corespunde unei LEA de 750 kV, se observă că rezistența LEA are o influență mică, ceea ce conduce la concluzia că în majoritatea calculelor poate fi neglijată influența rezistenței LEA.

Ținînd seama de cele expuse mai sus rezultă:

— în funcție de puterea de scurtcircuit a sursei (mai ales pentru valori mici ale puterii de scurtcircuit), este necesară compensarea transversală pentru LEA de 400 kV și 750 kV cu lungimi mai mari de 200 km. Necesarul de compensare, precum și locul de montare a reactoarelor trebuie stabilit pe baza unor analize având la bază calcule exacte, referitoare la LEA studiată;

— conectarea LEA trebuie să se facă cu reactoarele cuplate;

— se recomandă să se facă conectarea LEA în gol dinspre capătul cu putere de scurtcircuit mai mare;

— conectarea LEA trebuie făcută în anumite cazuri cu o pregătire prealabilă, care constă în reglarea corespunzătoare a prizelor transformatoarelor, pentru a se coborî tensiunea la locul de conectare;

— se impune utilizarea unei protecții prin relee, temporizată în funcție de amplitudinile supratensiunilor temporare care vor apărea.

Bibliografie

[1] Drăgan, G. ș.a. *Supratensiuni interne în sistemele electroenergetice*. Editura tehnică. București, 1975.

[2] Vatră, F. *Supratensiuni de comutație și temporare. Stadiul actual al coordonării izolației la aceste supratensiuni*. Referat în cadrul tezei de doctorat 1979.

[3] Vatră, F. *Determinarea analitică și pe model a supratensiunilor temporare în circuite lineare*. Referat în cadrul tezei de doctorat 1980.

[4] Vatră, F. *Supratensiuni temporare generate de separarea bruscă de sarcini în circuite lineare*. În: Energetica, nr. 9, 1982.

[5] * * * *Dalnie electroperedaci 750 kV. Vozdușnie linii*. Energiia, Moscova, 1974.

[6] Vatră, F. *Contribuții la studiul supratensiunilor temporare datorate defectelor la pământ și închiderii nesimultane a fazelor*. Teză de doctorat, 1984.

(Primit la 30 iunie 1983, acceptat la 1 august 1983)

Stabilizarea procesului de autoexcitație a hidrogeneratorului cu diode rotative

Ing. Apolon Mihailovici*

Introducere

Sistemul de excitație statică cu diode rotative [1] [2] trebuie să permită funcționarea hidrogeneratorului HVS 424/55-44 și în regim de autoexcitație, atunci cînd se acționează cu reglajul manual al tensiunii. Autoexcitarea este posibilă datorită tensiunii remanente a alternatorului de excitație, care este redresată de diodele rotative și aplicată apoi în serie cu reostatul de reglaj înfășurării de excitație a alternatorului.

În cursul probelor de punere în funcțiune a hidrogeneratoarelor de la CHE Golești, s-a constatat că procesul de autoexcitare nu se poate desfășura stabil și lin decît cu condiția alimentării suplimentare a excitației acestuia de la o sursă de curent continuu. Cînd se ajunge la tensiunea nominală a hidrogeneratorului de 6,3 kV, sursa suplimentară se poate înlătura. În cazul micșorării voite a tensiunii, scăderea acesteia are caracter de avalanșă pînă la valoarea nulă. Reluarea procesului de autoexcitare nu se poate face decît utilizînd iarăși sursa suplimentară prin care se realizează o preexcitare a alternatorului.

Rezultă, deci, că acțiunea magnetismului remanent al alternatorului de excitație trebuie amplificată, astfel încît, avînd în vedere faptul că diodele cu siliciu oferă pentru tensiuni mici rezistențe interne mari, tensiunea sa remanentă să depășească valoarea de „prag" 0,7 V, de la care diodele intră în conducție, rezistența lor internă scăzînd repede [3].

Pentru aceasta s-a realizat un circuit de preexcitare al alternatorului de excitație, utilizînd drept sursă alternatorul sincron de reglaj, fixat pe același ax al hidroagregatului.

Articolul prezintă modul de realizare practică a sistemului de preexcitare și rezultatele obținute.

1. Sistemul de preexcitare

Pentru ca sistemul de preexcitare să funcționeze în condiții de siguranță optimă, este necesar ca sursa de alimentare să prezinte un grad ridicat de disponibilitate și totodată să fie independentă de serviciile proprii ale centralei. Singura sursă care satisface condițiile arătate este generatorul sincron de reglaj AVN 129/10-44, avînd sistemul de excitație cu magneți permanenți.

Așa cum se vede din figura 1, tensiunea trifazată de 50 V produsă de generatorul de reglaj (*Gr*) este redresată de o punte cu diode (*Pt*). Tensiunea continuă rezultată (64 V) este aplicată în serie cu un rezistor de 75 Ω și printr-un contact al întrerupătorului (*I*) înfășurării de excitație (bornele E_1—E_2) a alternatorului.

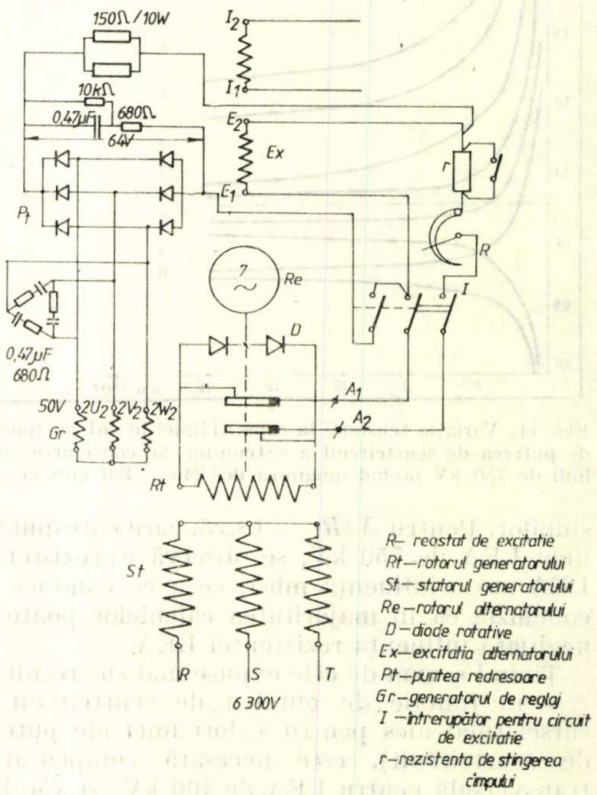


Fig. 1. Schema circuitelor de excitație a hidrogeneratorului cu diode rotative HVS 424/55-44.

Pentru protejarea diodelor din puntea redresoare împotriva supratensiunilor de comutație, s-a prevăzut un montaj de circuite R—C atît pe partea de curent alternativ, cît și pe partea de curent continuu, urmărindu-se astfel a se realiza o protecție completă.

2. Rezultate experimentale

Măsurătorile efectuate la cele două inele colectoare, respectiv bornele A_1—A_2 (fig. 1), precum și la bornele de 6,3 kV ale hidrogeneratorului au evidențiat următoarele rezultate :

* Ing. Apolon Mihailovici lucrează la I. E. Curtea de Argeș.

a) fără aplicarea tensiunii de preexcitare :
— tensiunea remanentă la bornele A_1—A_2, 0,39 V ;
— tensiunea între faze la bornele de 6,3 kV, 155 V ;
b) cu aplicarea tensiunii de preexcitare :
— tensiunea remanentă la bornele A_1—A_2, 6 V ceea ce reprezintă 4,6 % din tensiunea nominală de excitație de 130 V ;
— tensiunea între faze la bornele de 6,3 kV, 650 V.

Curentul de preexcitare este de 0,82 A la 64 V, iar curentul nominal al înfășurării de excitație a alternatorului, 30A.

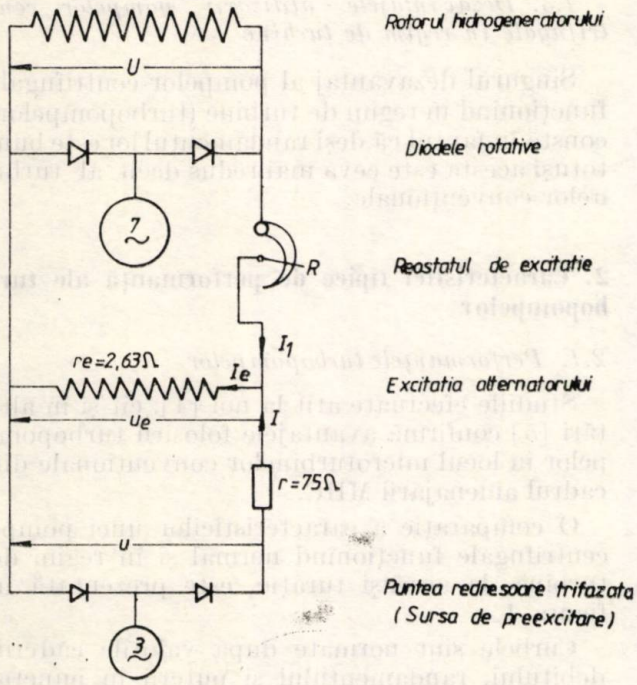


Fig. 2. Schema echivalentă a circuitelor de excitație a hidrogeneratorului cu diode rotative.

Crescînd tensiunea de excitație prin manevrarea reostatului, curentul de preexcitare scade, el devenind practic nul pentru valori apropiate de cea nominală (130 V).

Fenomenul se poate pune în evidență prin schema echivalentă a ansamblului, sursa de preexcitare — excitația alternatorului — rotorul hidrogeneratorului (fig. 2).

În această schemă, prin aplicarea celei de a doua teoreme a lui Kirchhoff, se determină valoarea curentului de preexcitare I :

$$I = \frac{u(R + r_e) - Ur_e}{r(R + r_e) + Rr_e}. \qquad (1)$$

În urma măsurătorilor efectuate pe hidrogeneratorul funcționînd în paralel și încărcat cu o sarcină activă de 0,5 MW, au rezultat valorile prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Q (MVA)r	U (V)	u_e (V)	I (A)	I_1 (A)	R (Ω)
0	52	20	0,60	7	4,57
0,5	61	25	0,55	8,95	4,02
1	68	29	0,48	10,53	3,70
1,50	76	33	0,43	12,12	3,54
2,10	87	41	0,32	15,27	3,01
2,45	93	45	0,27	16,84	2,85
3,20	110	58	0,11	21,94	2,37
3,50	118	61	0,05	24,29	2,22

Din tabel se observă că prin creșterea tensiunii U la bornele rotorului hidrogeneratorului, scade curentul de preexcitare I, micșorîndu-se astfel sarcina gneratorului sincron de reglaj.

În consecință, circuitul de preexcitare poate să rămînă permanent cuplat în funcționarea hidrogeneratorului, fără nici un impediment.

3. Concluzii

Sistemul de preexcitare realizat utilizînd generatorul sincron de reglaj permite desfășurarea lină și stabilă a procesului de autoexcitare a hidrogeneratorului.

Se obține astfel o autonomie deplină în funcționare a hidrogeneratorului în situații de izolare față de sistem, obținîndu-se o creștere a siguranței în exploatarea centralei hidroelectrice.

Bibliografie

[1] Galan, N., Ghiță, C., Cistelecan, M. *Mașini electrice*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1981.
[2] * * * *Cartea tehnică „HVS 424/55-44" CHE Goleşti*. Reșița, ianuarie, 1981.
[3] Dan, I., Moscanu, Al. *Redresoare cu semiconductoare*. Ed. Tehnică, București, 1975.

(Primit la 30 septembrie 1983, acceptat la 10 martie 1984)

Utilizarea pompelor centrifugale în regim de turbine pentru echiparea microhidrocentralelor

Ing. Romulus Sfichi, ing. Dorin Boșcoianu, ing. Ovidiu Lungu, sing. Constantin Paicu*

1. Considerații generale

1.1. Necesitatea utilizării pompelor centrifugale în regim de turbine pentru echiparea microhidrocentralelor (MHC)

Preocuparea privind punerea în valoare a micropotențialului hidroenergetic prin amenajarea de microhidrocentrale (MHC) a condus și la lărgirea interesului în legătură cu construcția microhidroagregatelor adecvate. În acest context, una din direcțiile abordate în țara noastră [1], [2], [3], vizează utilizarea pompelor centrifugale în regim de turbine. Cum aceste pompe sînt produse de mare serie, ele pot acoperi un domeniu larg de cerințe la un cost mai redus comparativ cu turbinele echivalente.

Reversibilitatea pompelor centrifugale cu geometrie radială sau diagonală este studiată în teoria mașinilor hidraulice, turbina hidraulică urmînd aceleași legi de similitudine ca și pompa centrifugală.

Din această cauză utilizarea pompelor centrifugale drept turbine nu este o noutate pe plan mondial.

Testarea pompelor în regim de turbine [5] pune în evidență următoarele concluzii:

— funcționarea este lină și silențioasă;

— randamentul maxim ca turbine este sensibil egal cu randamentul maxim ca pompe;

— căderea și debitul pentru punctul de randament maxim sînt mai mari, în regim de turbine, decît cele corespunzătoare puterilor cerute ca pompe în punctul de randament maxim.

Toate acestea dovedesc că utilizarea pompelor centrifugale în regim de turbină este o excelentă alternativă de echipare a MHC, constituind o necesitate, ce rezultă, de altfel, din avantajele pe care le oferă soluția în cauză.

1.2. Avantajele utilizării pompelor centrifugale în regim de turbine

1.2.1. Comparativ cu alte tipuri de turbine, avantajele rezidă în primul rînd din faptul că pompele sînt cu cîteva generații înainte față de acestea — se produc într-o varietate mai largă de configurații (de drenaj, de uscare, orizontale, verticale și submersibile) — sînt produse de serie, mai ieftine și sînt mai ușor de procurat.

De asemenea, pompele centrifugale sînt mai puțin complexe decît turbinele, se instalează, se întrețin și se exploatează mai ușor.

1.2.2. Extinderea domeniului de înalt randament în amenajările microhidroenergetice se poate face, acolo unde este cazul, utilizînd mai multe pompe de mărimi diferite în locul unei turbine convenționale mai mari.

1.3. Dezavantajele utilizării pompelor centrifugale în regim de turbine

Singurul dezavantaj al pompelor centrifugale funcționînd în regim de turbine (turbopompelor) constă în faptul că deși randamentul lor este bun, totuși acesta este ceva mai redus decît al turbinelor convenționale.

2. Caracteristici tipice de performanță ale turbopompelor

2.1. Performanțele turbopompelor

Studiile efectuate atît la noi [4], cît și în alte țări [5] confirmă avantajele folosirii turbopompelor în locul microturbinelor convenționale din cadrul amenajării MHC.

O comparație a caracteristicilor unei pompe centrifugale funcționînd normal și în regim de turbină, la aceeași turație, este prezentată în figura 1.

Curbele sînt normate după valorile căderii, debitului, randamentului și puterii în punctul de maximă eficiență a pompei.

Se constată că într-adevăr punctul de maximă eficiență (randament maxim) a funcționării ca turbină este localizat la un debit și o cădere mai mare decît cele ale pompei.

S-a putut determina prin încercări [5] că raportul dintre debitul absorbit (respectiv căderea) ca turbină în punctul de randament maxim și debitul furnizat (respectiv căderea) ca pompă în punctul de randament maxim variază funcție de turația specifică — între 1,1 și 2.2. Din figura 1 rezultă două particularități importante ale pompelor funcționînd în regim de turbine:

— randamentul maxim în funcționarea pompelor ca turbine ocupă o plajă largă de debite, ceea ce înseamnă că se poate adopta o gamă largă de căderi, în amenajările microhidroenergetice, fără efect negativ asupra randamentului;

— există o valoare a căderii la care puterea la cupla turbopompei este nulă, chiar dacă prin aceasta trece debit.

*) Autorii sînt proiectanți la IEIRIEDEET Suceava.

Acest debit variază între 40 și 80% din debitul corespunzător punctului de randament maxim și depinde de turația specifică a turbopompei. O reducere în continuare a căderii (față de cea pentru care puterea la cupla turbopompei este nulă) determină absorbirea puterii de către aceasta în limita puterii rețelei electrice în care debitează.

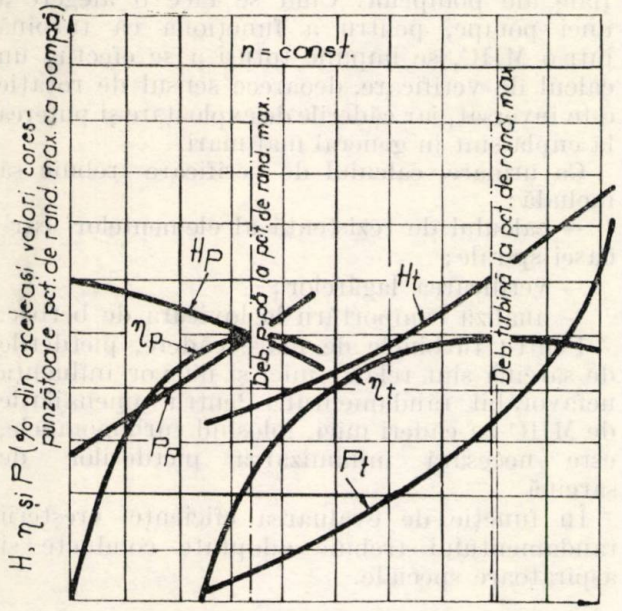


Fig. 1. Caracteristicile normalizate pentru o pompă funcționînd normal ca pompă și în regim de turbină.

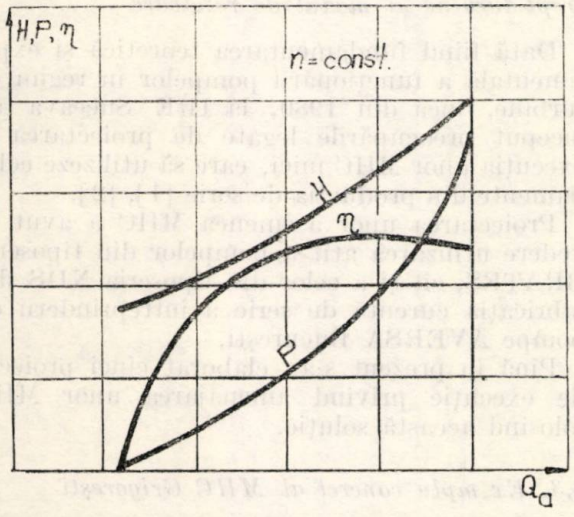


Fig. 2. Performanțe de tip ale turbinei pentru n = const.

Performanțele pompelor funcționînd în regim de turbine reprezentate prin curbele limită sînt ilustrate în figurile 2 și 3. În figura 2 se prezintă o diagramă a căderii (H), puterii (P) la cupla turbopompei și a randamentului acesteia (η), la turația (n) constatată, funcție de debitul (Q) absorbit. În figura 3 se prezintă o diagramă similară în care sînt ilustrate variațiile debitului absorbit, randamentului și puterii la cupla turbopompei funcție de turație la cădere constantă.

2.2. *Ambalarea turbopompei*

Turația de ambalare poate fi citită direct pe curbele din figura 3 și poate fi calculată utilizînd figura 2, precum și legile similitudinii, adică făcînd produsul între valoarea turației și rădăcina pătrată a raportului dintre căderea corespunzătoare turației de ambalare și căderea pentru care puterea turbinei la cuplă este nulă.

Turația de ambalare se poate determina ușor pentru orice condiții de exploatare cunoscînd valoarea acesteia într-un caz dat.

Această informație este foarte importantă deoarece mărimea turației de ambalare poate afecta integritatea structurală a echipamentului rotativ al MHC, făcînd necesară prevederea la proiectare a unei protecții de supraturație în sistemul de comandă.

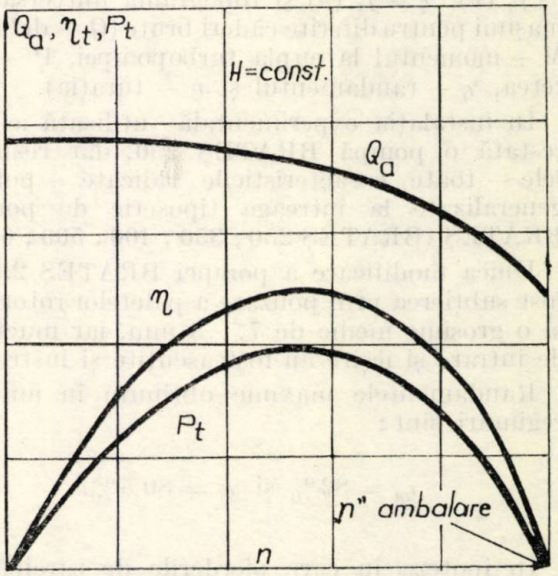


Fig. 3. Curba tip randament ca turbină pentru cădere constantă.

2.3. *Cavitația turbopompelor*

Întocmai ca într-o pompă, în orice punct din mașină unde presiunea locală scade pînă la presiunea vaporilor lichidului se poate produce distrugerea prin cavitație. În scopul prevenirii efectelor cavitației trebuie asigurată o secțiune suficientă pe aspirație sau o contrapresiune, așa precum la pompă trebuie asigurată o anumită presiune de aspirație.

Valoarea totală a contrapresiunii ce se poate realiza reprezintă „*căderea totală de evacuare*", iar valoarea contrapresiunii impusă pentru funcționarea corectă ca turbină reprezintă „*căderea de evacuare necesară*".

3. Încercări și rezultate ale funcționării pompelor BRATEȘ în regim de turbine

La inițiativa IRE Suceava [2], Centrul de cercetare științifică și inginerie tehnologică pentru pompe și ventilatoare (CCITV) București a elaborat un studiu experimental [4], privind utilizarea pompei BRATEȘ 250—250 ca turbină. O parte din concluziile acestor preocupări au fost publicate în [1].

În cele ce urmează ne vom referi doar la principalele concluzii referitoare la topograma universală a tiposeriei de pompe Brateș din fabricația întreprinderii AVERSA București utilizate ca turbine.

Încercările CCITV București au vizat determinarea caracteristicilor de funcționare a pompelor diagonale cu carcasă spirală BRATEȘ în regim de turbine. Reprezentarea grafică, pe baza încercărilor experimentale, a tuturor caracteristicilor unei pompe în regim de turbină, a implicat ridicarea curbelor : $Q = f_1(n)$, $M = f_2(n)$, $P = f_3(n)$, $\eta_t = f_4(n)$ și topograma universală a mașinii pentru diferite căderi brute (Q — debitul, M — momentul la cupla turbopompei, P — puterea, η_t — randamentul și n — turația).

În instalația experimentală utilizată a fost testată o pompă BRATEȘ 250, dar rezultatele — toate caracteristicile ridicate — pot fi generalizate la întreaga tiposerie de pompe BRATEȘ (BRATEȘ 250 ; 350 ; 400 ; 500 ; 600).

Unica modificare a pompei BRATEȘ 250 a fost subțierea prin polizare a paletelor rotorului la o grosime medie de 7...8 mm, iar muchiile de intrare și ieșire au fost ascuțite și lustruite.

Randamentele maxime obținute în ambele regimuri sînt :

$$\eta_{tp} = 82\% \text{ și } \eta_{tt} = 80{,}5\%.$$

În ipoteza în care pierderile de sarcină la aspirație (din cotul și conducta instalației de încercare) sînt incluse în pierderile turbinei, respectiv pompei, randamentele obținute în cele două cazuri sînt :

$$\eta_{tp} = 76\% \text{ și } \eta_{tt} = 74\%.$$

Așadar, randamentele în regim de pompe sînt sensibil egale cu cele din regim de turbine (diferențe de 1,5—2%), ceea ce confirmă datele din literatură [5], precum și interesul ce se manifestă pe plan mondial privind adaptarea pompelor pentru a funcționa în regim de turbine în amenajările hidroenergetice de mică putere. În figura 4 se prezintă topograma universală a tiposeriei pompelor BRATEȘ în regim de turbine, care dă posibilitatea alegerii (adoptării) acestor echipamente în proiectarea și execuția MHC.

4. Proiectarea unor MHC în județul Suceava utilizînd pompele centrifugale diagonale drept turbine

4.1. Adoptarea pompei

Echiparea MHC cu pompe funcționînd în regim de turbine nu implică modificări esențiale ale pompelor. Cînd se face o alegere a unei pompe, pentru a funcționa ca turbină într-o MHC, se impune totuși a se efectua un calcul de verificare, deoarece sensul de rotație este inversat, iar căderile de exploatare și puterea la cuplă sînt în general mai mari.

Ca urmare, calculul de verificare trebuie să includă :

— calculul de rezistență al elementelor carcasei spirale ;

— verificarea lagărelor ;

— analiza comportării la lovitura de berbec.

Pentru turbinele de mare cădere, pierderile de sarcină sînt relativ mici și nu vor influența nefavorabil randamentul. Pentru amenajările de MHC cu căderi mici, folosind turbopompele, este necesară minimizarea pierderilor de sarcină.

În funcție de evaluarea eficienței creșterii randamentului trebuie adoptate conducte și aspiratoare speciale.

4.2. Probleme esențiale privind proiectarea unor MHC utilizînd pompele centrifugale diagonale drept turbine și modul de rezolvare

Dată fiind fundamentarea teoretică și experimentală a funcționării pompelor în regim de turbine, încă din 1980, la IRE Suceava au început preocupările legate de proiectarea și execuția unor MHC mici, care să utilizeze echipamente din producția de serie [1], [2].

Proiectarea unor asemenea MHC a avut în vedere utilizarea atît a pompelor din tiposeria BRATEȘ, cît și a celor din tiposeria NDS din fabricația curentă de serie a întreprinderii de pompe AVERSA București.

Pînă în prezent s-au elaborat cinci proiecte de execuție privind amenajarea unor MHC folosind această soluție.

4.3. Exemplu concret al MHC Grigorești

Una din aceste MHC, aflată deja în stadiu de execuție, are procurate aproape în întregime echipamentele [6]. În cele ce urmează vom prezenta succint cîteva elemente constructive și de echipare electromecanică a MHC Grigorești — prima care utilizează o pompă BRATEȘ 250 drept turbină — și care este chiar pompa testată de CCITV București, în 1982, pe standul de încercări de la întreprinderea de pompe AVERSA.

Amplasamentul acestei amenajări este situat în zona unei acumulări de apă existente, valo-

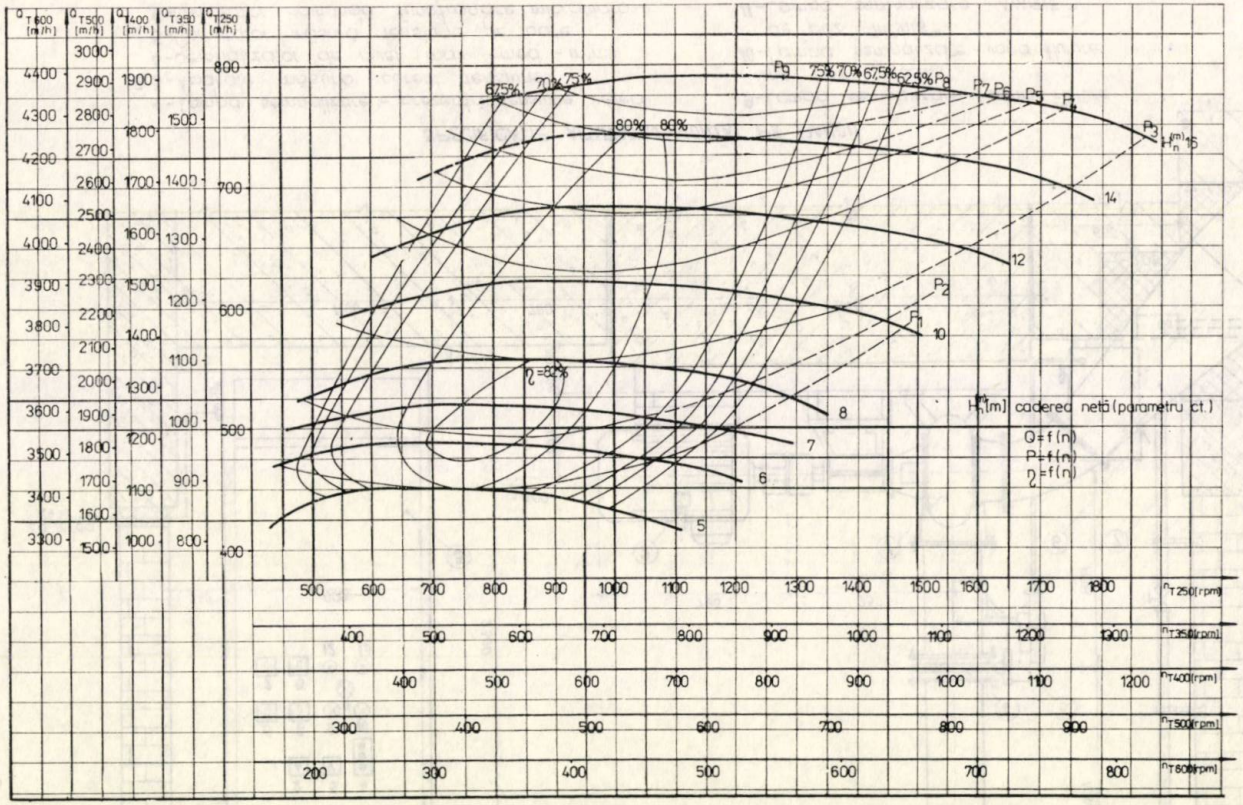


Fig. 4. Topograma tiposerii ale pompelor Brateş în regim de turbină.

P (kw)	Br 250	Br 350	Br 400	Br 500	Br 600
P_1	5	9.8	12,25	19,1	27.9
P_2	7	13,72	17,15	26,74	39,06
P_3	10	19,60	24,50	38,2	55,8
P_4	15	29,4	36,75	57,3	83,7
P_5	18	35,28	44,10	68,76	100,5
P_6	20	39,20	49,0	76,4	111,6
P_7	22,8	44,70	55,86	87,1	127,2
P_8	25	49	61,25	95,5	139,5
P_9	27,8	54,5	68,11	106,2	155,12

Randamentele corespund pompei Brateş 250 funcţionînd în regim de turbină.

Pentru celelalte pompe ale tiposeriei BRATEŞ randamentele se pot lua cu 1%-2% mai mari

De exemplu:

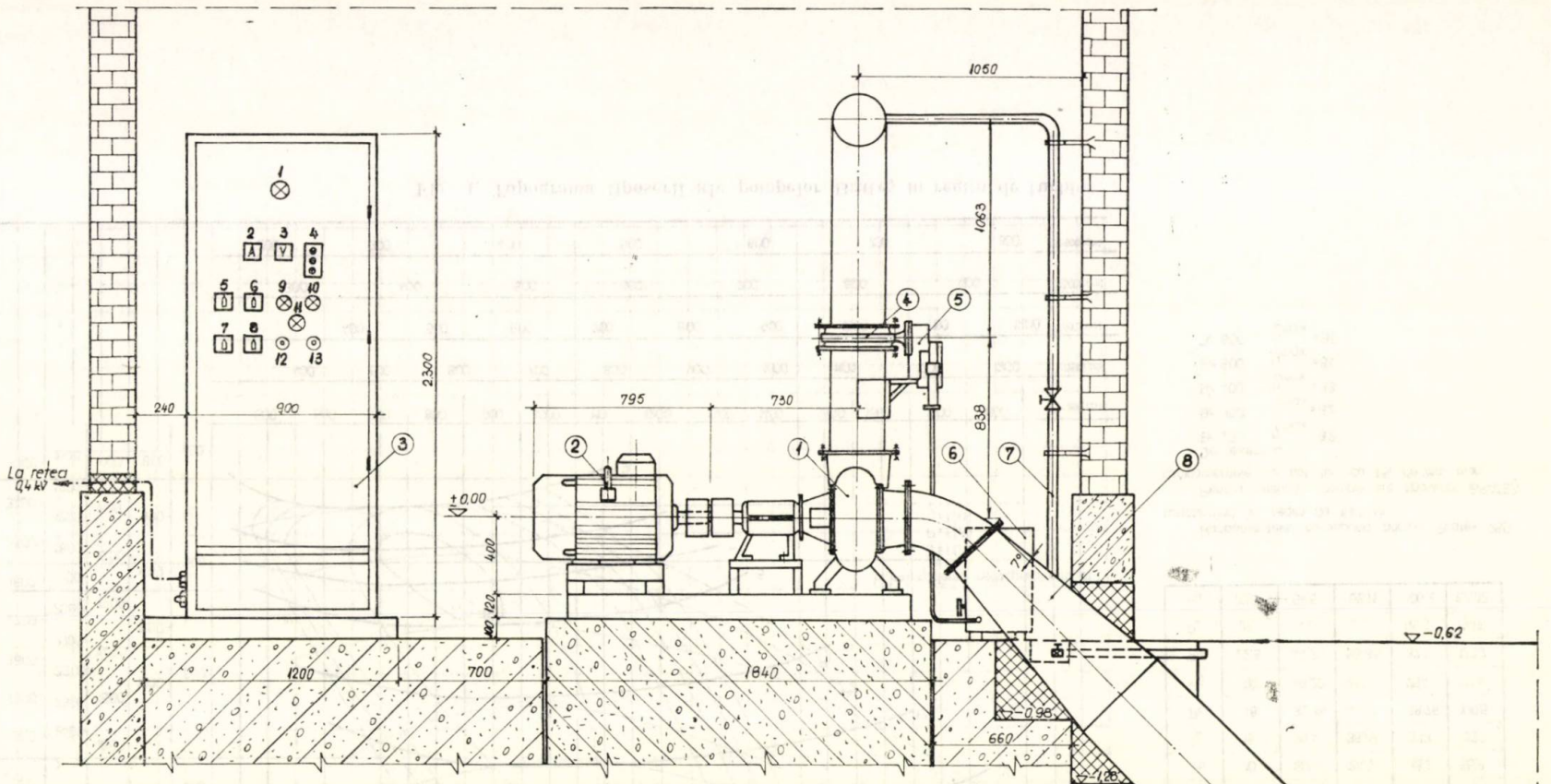
Br 250 $\eta_{max.} = 82$

Br 350 $\eta_{max.} = 82$

Br 400 $\eta_{max.} = 83$

Br 500 $\eta_{max.} = 84$

Br 600 $\eta_{max.} = 85$



SPECIFICAȚIE APARATAJ MONTAT PE PANOU

1 - Lampă semnalizare - prezență tensiune rețea
2,3 - Aparate măsură - curent, tensiune
4 - Semnalizator de nivel (max. - med. - min.)
5 - Comutator măsură tensiune pe bare
6 - Comutator comandă funcționare microhidro-agregat: poz. 1 - funcționare probă; poz. 2 - funcționare automată; poz. 3 - scos din funcțiune
7 - Comutator cuplare rezistență încălzire dulap
8 - Comutator comandă baterie condensatoare: poz. 1 - cuplat; poz. 2 - decuplat
9 - Lampă semnalizare - vană fluture pe poz. „deschis"
10 - Lampă semnalizare - vană fluture pe poz. „închis"
11 - Lampă semnalizare „AVARIE"
12 - Buton comandă deschidere vană fluture
13 - Buton comandă închidere vană fluture

Fig. 5. MHC Grigorești. Echipare electromecanică: 1 — pompă Brateș 250 — dr. sus — 1000 rot/min, în regim de turbină AVERSA București; 2 — motor electric asincron cu rotorul în scurtcircuit 220/380 V — 30 kW — 1000 rot/min MIB 3 — 225 M 60 —6, în regim de generator — ITME Filiași; 3 — dulap comandă și automatizare — IPEP Bacău; 4 — robinet fluture Dn 250 mm — IM Bacău; 5 — dispozitiv acționare hidraulică robinet fluture 250 mm — IM Bacău; 6 — hidraulic pentru acționare robinet fluture Dn 250 mm — IM Bacău;

rificîndu-se astfel hidroenergetic diferența de nivel locală, creată de baraj.

Principalele caracteristici tehnico-economice ale MHC Grigorești sînt :

— debitul instalat $Q_i = 0{,}21$ m³/s ;
— cădere netă $H_n = 14{,}1$ m ;
— puterea instalată $P = 23{,}2$ kW ;
— producția anuală de energie $E =$ 63500 = kWh ;
— investiția specifică $I_s = 14{,}63$ lei /kWh ;
— prețul de cost $P_c = 0{,}33$ lei/kWh.

Turbopompa BRATEȘ 250 acționează un generator electric asincron (motor asincron de producție serie) cu puterea instalată $P_i = 30$ kW.

Dulapul electric pentru această MHC a fost confecționat de Intreprinderea de panouri electropneumatice (IPEP) Bacău și asigură comanda, protecția și automatizarea funcționării după principiul „*tot sau nimic*" în condiții de siguranță și de exploatare normală fără personal permanent de exploatare. Proiectarea acestui dulap s-a făcut la IPEP Bacău în baza temei de proiectare întocmită și pusă la dispoziție de IRE Suceava.

Echiparea acestei MHC cu turbopompa, BRATEȘ — 250 nu implică aparat director, dispozitiv REGMO și nici baterie de acumulatoare. Rolul aparatului director este preluat de un dispozitiv (grup) hidraulic constituit dintr-un robinet cu clapă fluture acționat hidraulic P_n 10 — D 250 (500), al cărui proiect a fost elaborat de Institutul de proiectare — cercetare pentru utilaj petrolier Ploiești (IPCUP) — Filiala Bacău, potrivit temei de proiectare elaborată de IRE Suceava.

Execuția acestui dispozitiv s-a făcut la Întreprinderea metalurgică Bacău. O secțiune prin clădirea MHC Grigorești este prezentată în figura 5.

MHC Grigorești este concepută a funcționa racordată la rețeaua SEN, robinetul cu clapă fluture putînd închide și deschide automat admisia apei în turbopompă. În acest scop robinetul este acționat de un servomotor hidraulic cu simplu efect și braț cu contragreutate, care la dispariția tensiunii din sistem asigură închiderea robinetului, iar după reapariția tensiunii, condiționat de schema de comandă a microhidroagregatului, asigură redeschiderea robinetului.

Este de remarcat că atît IPEP, cît și IMB Bacău pot asimila și diversifica în producție de serie echipamentele menționate pentru MHC la care mașinile primare sînt turbopompele hidraulice.

Punerea în funcțiune a MHC Grigorești și experimentările ce se vor face cu acest prilej vor da posibilitatea eventualei generalizări a soluției prezentate și includerea acesteia în gama de proiecte tip, ce se elaborează de către ISPH București pentru MHC.

Bibliografie

[1] Mustață, Ov., Sfichi, R. ș.a. *Asupra cîtorva aspecte tehnico-economice privind proiectarea și construcția microhidrocentralelor în cadrul IRE Suceava.* În : Energetica 30, nr. 12/1982 p. 587—593.

[2] Boșcoianu, D. ș.a. *Echipament adaptat din producția de serie pentru microhidrocentrale mici. Propunere de inovație.* IRE Suceava, 1980.

[3] Sfichi, R. ș.a. *Asupra stadiului de valorificare a microhidropotențialului hidroenergetic din județele Suceava și Botoșani. Optimizarea soluțiilor constructive a microhidrocentralelor.* A V-a consfătuire a energeticienilor din județele Suceava și Botoșani, 19 mai 1983.

[4] * * * *Studiu experimental privind utilizarea pompei BRATEȘ 250—250 ca turbină.* Centrul de cercetare științifică și inginerie tehnologică pentru pompe și ventilatoare București 1982.

[5] Schafer, L., Agostinelli, A. *Using pumps as small turbines.* În : Water Power, Dam Construction, November 1981.

[6] * * * *MHC Grigorești comuna Siminicea, jud. Suceava.* PE și DDE, IRE Suceava — 1983.

(Primit la 30 septembrie 1983, acceptat la 10 martie 1984)

BULETIN INFORMATIV

De la Comitetul Național Român al CIGRE

Simpozionul CIGRE "Sistemele electroenergetice din țările în curs de dezvoltare„

Dakar — Senegal, noiembrie 1985

CIGRE, în cooperare cu Uniunea Producătorilor și Distribuitorilor de Energie Electrică din Țările Africane Madagascar și Mauriciu (UPDEA), organizează un simpozion internațional consacrat sistemelor electroenergetice din țările în curs de dezvoltare.

Coordonarea tehnică este asigurată de către Comitetul de Studii nr. 37 al CIGRE (Planificarea și dezvoltarea sistemelor electroenergetice), cu concursul Comitetelor nr. 38 (Analiză și tehnici pentru studiul sistemelor) și nr. 39 (Exploatarea și conducerea sistemelor).

Scopul simpozionului

Dezvoltarea sistemelor electroenergetice în țările în curs de dezvoltare, cu consum specific redus de energie pe locuitor, pune probleme tehnice și economice particulare privind mijloacele de producție de ales, structura și dimensionarea rețelelor, criteriile de siguranță în alimentarea cu energie electrică folosite în planificare și în exploatare.

Simpozionul își propune să permită participanților să-și expună experiența, dificultățile și soluțiile propuse în acest domeniu.

Programul simpozionului

Subiectele de discuție trebuie să se înscrie în următoarea tematică :

1. Rolul energiei electrice în cadrul politicilor energetice naționale.
2. Sisteme electroenergetice izolate de mică întindere, cu evoluție redusă a legăturilor de interconexiune.
3. Contribuția energiei electrice la valorificarea surselor de energie depărtate.
4. Rolul tehnologiilor noi.
5. Restricții generale care afectează evoluția sistemelor electroenergetice în țările în curs de dezvoltare.

Rapoartele

Participanții care doresc să prezinte contribuții scrise vor transmite un rezumat al lucrării (cel mult 250 cuvinte) Comitetului Național Român al CIGRE, B-dul Energeticienilor nr. 8, sectorul 3, la sediul ICEMENERG, pînă cel tîrziu 15 noiembrie 1984.

Lucrările primite vor fi analizate de către CNR al CIGRE, iar cele admise vor fi transmise la Comitetul de selecție de la CIGRE — Paris. Acesta va notifica acordul său sau își va prezenta observațiile pînă cel tîrziu 1 martie 1985.

Autorii propunerilor reținute vor pregăti contribuțiile complete astfel încît acestea să fie trimise înainte de 1 iunie 1985.

Limbile utilizate în cursul simpozionului vor fi franceza și engleza. Rapoartele vor fi scrise, de asemenea, în una din aceste limbi. Ele vor fi publicate prin reproducere directă prin procedee de fotografiere și vor fi reunite într-un volum pus la dispoziție tuturor participanților înainte de deschiderea simpozionului. Cîteva luni mai tîrziu va fi publicată în revista CIGRE „Electra" o sinteză a elementelor mai importante cuprinse în rapoarte. **J.C.**

Din istoria electrificării

100 de ani de la prima rețea de iluminat electric de pe teritoriul României

La 27 octombrie 1984, în orașul Timișoara, în clădirea Operei Române, s-a sărbătorit aniversarea a 100 de ani de la punerea în funcțiune a primei rețele de iluminat electric stradal din Europa practic pentru un întreg oraș. Pentru producerea și distribuția energiei electrice s-a adoptat sistemul Bruch. În cadrul acestei manifestări au vorbit reprezentanți ai întreprinderilor IRE Timișoara și IEC Timișoara, ai comitetelor județean și municipal de partid Timișoara, ai conducerii ministerului, ai vechilor lucrători pensionari, ai tineretului, ai altor întreprinderi, care au marcat evenimentul prin sublinierea legăturii și continuității dintre trecutul istoric și viitorul luminos.

Cu acest prilej IRE Timișoara a publicat un volum cu titlul : „Un secol în slujba luminii" (autori : Gh. Maglaviceanu și E. Putnoky) din care — pentru documentarea cititorilor — extragem un fragment : „Lucrările pentru construirea centralei termoelectrice și pentru transformarea iluminatului public de la gaz aerian la electricitate au fost terminate, testate și puse în funcțiune la 12 noiembrie 1884. Astfel, orașul Timișoara devine primul oraș de pe continent cu străzile iluminate electric, fapt ce este atestat de numeroase documente și publicații ale timpului.

. . . . . .

Rețeaua de iluminat public, pusă în funcțiune oficial la 12 noiembrie 1884, se întinde exact pe 59 241 m, cuprinzînd 10 km^2 din suprafața orașului. Au fost puse în funcțiune patru circuite de iluminat public avînd în total 731 lămpi cu incandescență și 16 lămpi cu arc, alimentate fiecare dintr-un dinam serie de curent continuu de 10 **A**,

2000 V. Lămpile cu incandescență erau de tipul Lane-Fox pentru tensiunea de 55 V la borne, cu filamentul de cărbune din bumbac. Ele erau grupate cite 8 în paralel, un grup avînd o putere echivalentă de 500 W și o rezistență de 5 ohmi. Fiecare grup de 8 lămpi avea un întrerupător automat care deconecta tot grupul dacă două lămpi ieșeau din funcțiune.

Fiecare din cele patru circuite avea 23 asemenea grupuri de lămpi legate în serie — respectiv 184 lămpi în total — și necesita o putere de 11,5 kW (pentru toate cele 731 lămpi era necesară o putere de circa 45 kW). Pe lîngă cele 23 grupuri de lămpi incandescente, fiecare din cele patru dinamuri alimenta și cite patru lămpi cu arc. Distanța dintre două corpuri de iluminat consecutive era de circa 80 m.

Suporții lămpilor pentru iluminat erau de două feluri : stîlpi de lemn nu întotdeauna drepți, sau brațe metalice cu secțiune dreptunghiulară, cu latura mare de 6 cm și cu lungimea de 1/3 m, ce se montau pe clădiri.

Corpul de iluminat cuprindea un abajur, sticla de protecție și două lămpi gemene, dintre care una era de rezervă și se punea în funcțiune cu ajutorul unui sistem de comutare cu contacte cu mercur, în cazul că prima lampă se ardea. Sensibilitatea extremă cu care erau reglate aceste comutatoare făcea ca de multe ori ambele lămpi să intre în funcționare la simpla trecere pe sub lampă a unei trăsuri.

Lămpile utilizate pentru iluminatul public erau montate în dulii de lemn sau de porțelan.

Cea mai îndepărtată lampă se afla la 4600 m de clădirea centralei, iar după lungimea cablului la 6900 m.

Conductoarele rețelei erau din cupru, cu secțiunea de $2 \times 4 \times 50$ mm^2, izolate, susținute de izolatoare de porțelan.

La punerea ei în funcțiune, uzina avea două cazane tip Lancashire, de cite 86 m^2 suprafață de încălzire și 7 at, cu țevi Galoway, construite de E. Haeton din Manchester, o mașină cu aburi compound-tandem de 300 CP, 7 at, 100 rot/min și una mică Sigl, ca rezervă. Mașina de 300 CP acționa printr-o curea lungă un număr de 5 dinamuri serie de c.c. sistem Brush 8 L, de 10 A, 2000 V, care fuseseră în funcțiune la expoziția de la Viena din 1883.

Aceste dinamuri se reglau la un curent constant de 10A, tensiunea variind cu rezistența circuitului în jur de 2000 V. Patru dinamuri alimentau cîte un circuit serie de iluminat public, iar al cincilea era de rezervă.

Circuitele de iluminat fiind serie, atît stingerea și aprinderea iluminatului, cît și reglarea intensității se puteau face din centrală.

Centrala electrică din Timișoara a fost folosită pînă în anul 1887 exclusiv pentru iluminatul public".

Acest eveniment a produs o deosebită impresie asupra opiniei publice, reflectată în presa timpului atît din România, cît și din Europa.

Cei interesați pot consulta documente ale vremii, precum și exponate din instalațiile timpului la sediul IE Timișoara.

e.p., e.p.

Minimonografii

Din activitatea muzeului tehnic „Prof. ing. D. Leonida"

La Muzeul tehnic „Prof. ing. Dimitrie Leonida" de la a cărei înființare se împlinesc anul acesta 75 ani, a intrat în tradiție organizarea periodică a unor sesiuni științifice, simpozioane și expoziții privind cele mai diverse domenii ale istoriei, științei și tehnicii.

Expoziția „Din istoricul metrologiei" (27 aprilie — 1 iunie 1984) organizată în colaborare cu Institutul Național de Metrologie a reprezentat o premieră în țara noastră. Tematica acesteia s-a axat pe prezentarea preocupărilor, în decursul timpului pentru efectuarea de măsurări din ce în ce mai precise, cu mijloace de măsurare mereu mai perfecționate, ca una din condițiile de bază în vederea asigurării progresului în toate domeniile vieții. Mijloacele de măsurare au fost grupate, după natura mărimilor de măsurat (geometrice, mecanice, electrice, fotometrice, termice, fizico-chimice, mărimi specifice radiațiilor ionizante etc.), obținîndu-se secțiuni distincte, în cadrul cărora exponatele au fost ordonate după criteriul cronologic. Astfel, una dintre secțiunile bogat reprezentate ca număr și valoare a exponatelor a fost cea care a reunit mijloace de măsurare a mărimilor geometrice și care a reprezentat, printre altele, evoluția mijloacelor de măsurare a lungimii, plecînd de la frînghia cu noduri folosită de egipteni în antichitate, continuînd cu rigla divizată în linii, degete, palme, folosită în trecut pe teritoriul țării noastre, măsuri metalice de un cot (avînd valori diferite de la o provincie la alta), folosite în Moldova și Țara Românească în prima jumătate a secolului XIX, rigla etalon de 1 m, folosită în Principatele Unite Române, rigla-metru comercial de la sfîrșitul secolului XIX etc.

Din domeniul mărimilor mecanice s-a remarcat valoroasa colecție de balanțe și seriile de greutăți din diferite perioade, cadranul solar descoperit la Zlatna în secolul XIX și mecanismul de ceas cu pendul care a funcționat la turnul Colței din București.

Secțiunea rezervată mijloacelor de măsurare a mărimilor electrice a grupat un mare număr de exponate : elemente Weston, rezistențe etalon, galvanometre, voltmetre, ampermetre, ohmmetre, punți Whwastone și contoare electrice, fabricate de firme străine la sfîrșitul secolului trecut și începutul secolului nostru, folosite în țara noastră.

Dintre acestea menționăm, ca piese din patrimoniul național, contoarele electrice produse la sfîrșitul secolului XIX de firmele H. Aron, Schott & Gen. Stia, Siemens & Schukert.

Alături de aparatele vechi, fabricate în străinătate, au fost expuse replicile moderne, produse de Institutul Național de Metrologie, Intreprinderea de aparate de măsură și control — Otopeni, Intreprinderea de aparate electronice de măsură și industriale, Intreprinderea de mecanică fină sau de către elevii Liceului Industrial nr. 17 — Metrologie din București. S-a evidențiat astfel saltul calitativ realizat în țara noastră în ultimele decenii în domeniul producției de mijloace de măsurare.

Texte privind vechile unități de măsurare pentru lungime, arie, volum, masă folosite în trecut pe teritoriul țării noastre, etaloanele naționale ale R.S.R. pentru mărimile fundamentale și diverse alte aspecte din activitatea de metrologie, au completat cunoștințele numeroșilor vizitatori, dornici să înțeleagă tainele acestei științe.

Valentina Iosif, Stoica Liliana

muzeografi la Muzeul tehnic „Prof. ing. D. Leonida"

PE 132/83. Normativ de proiectare a rețelelor electrice de distribuție publică. *M.E.E. ICEMENERG București — 1984*

Printre noile prescripții tehnice ale Ministerului Energiei Electrice cu intrare în vigoare începînd cu anul 1984 figurează și normativul care se referă la proiectarea rețelelor electrice de distribuție publică și care nu are un precedent în reglementările tehnice prescripționale de specialitate din țara noastră.

Normativul se aplică la proiectarea rețelelor electrice de distribuție publică, urbane și rurale, de înaltă, medie și joasă tensiune. Consumatorii alimentați cu energie electrică prin intermediul acestor rețele sînt cei casnici, edilitari, precum și unii consumatori industriali de puteri reduse, aflați în limitele unui anumit perimetru geografic și care nu necesită alte condiții de alimentare cu energie electrică, în afara celor cerute de consumatorii publici.

Normativul conține principii, obligativități (stricte sau de la care se pot face abateri, dar cu justificare tehnico-economică) și recomandări privind proiectarea rețelelor electrice de distribuție publică înglobate în 10 capitole și 3 anexe.

În afara capitolului introductiv (considerații generale) în cadrul normativului sînt abordate și prescripționate următoarele aspecte : sarcinile electrice ale rețelelor de distribuție, schemele și structura acestor rețele, alegerea soluției de tratare a neutrului, calculul de dimensionare, compensarea puterii reactive, protecții prin relee, automatizări și telemecanică, măsuri de protecția muncii, măsuri PSI și, în final, elemente constructive ale rețelelor electrice de distribuție.

În cadrul celor 3 anexe sînt prezentate prescripțiile tehnice contingente (standarde, prescripții tehnice republicane și departamentale), sarcini de calcul și programele de calcul ale rețelelor (din biblioteca ELECTRA).

Lecturarea normativului, în confruntare cu experiența proiectării acestui tip de rețele electrice, atestă faptul că în conținutul său este inclusă într-adevăr experiența, studiile și volumul considerabil de muncă investit în acest domeniu în ultimii 20—25 de ani în țara noastră. Credem însă utile cîteva considerații pe marginea normativului legate de unele aspecte relativ noi apărute în contextul evoluției acestui tip de rețele electrice, care comportă o mare pondere în volumul total al rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice din țara noastră.

Apreciem, așa cum de altfel se stipulează și în conținutul normativului, că în dezvoltarea rețelelor electrice de distribuție la medie tensiune trebuie să se adopte sistemul de distribuție directă (racordare directă a posturilor de transformare la barele stațiilor de transformare, prin intermediul rețelelor de distribuție) adoptînd, acolo unde situația o impune, stațiile de transformare cu racord adînc. O astfel de soluție este și mai sigură și în același timp, în majoritatea cazurilor, mai economică față de soluția distribuției indirecte (cu puncte de alimentare).

În legătură cu compensarea puterii reactive este de menționat că în ultimul timp, concomitent cu dezvoltarea receptoarelor casnice de caracteristică volt-amper neliniară, regimul deformant în dese cazuri nu mai poate fi neglijat. În acest sens, considerăm că normativul trebuie să facă trimitere la PE 143/80 (Normativ pentru limitarea regimului deformant).

De asemenea, în cadrul anexei 1 (Prescripții tehnice contingente), trebuie inclus și PE 601/84 (Instrucțiuni de proiectare a instalațiilor de telemecanică ale stațiilor electrice), avînd în vedere tendința de promovare a teleconducerii rețelelor electrice cu ajutorul calculatoarelor de proces.

Referitor la rețele electrice de distribuție rurală (de medie și joasă tensiune) este de reținut că în cadrul acestora au început să-și facă apariția surse mici de energie, cum ar fi în mod deosebit microhidrocentralele, precum și, deocamdată mai rar, microcentralele eoliene, care funcționează (în marea majoritate) racordate la sistem.

În aceste condiții se pune, evident, problema corelării funcționării acestora în ansamblul rețelelor electrice (de regulă rurale) de medie și joasă tensiune, fiind necesară și în acest caz trimiterea la PE 306/83 (Normativ cadru pentru proiectarea microhidrocentralelor), ca și la proiectul tip pentru posturi de transformare destinate evacuării puterii din microhidrocentrale.

Fără a avea o legătură directă cu conținutul normativului, semnalăm totuși faptul că experiența ultimilor ani dovedește că realizarea acoperișului stațiilor și posturilor de transformare tip terasă (cu izolație hidrofugă) în zonele cu pluvialitate considerabilă (cum ar fi în nordul Moldovei) creează mari greutăți legate de pătrunderea apei în instalații. Reizolarea cu bitum este neeconomică și nu asigură condiții satisfăcătoare de izolare hidrofugă. În astfel de zone se impune realizarea acoperișurilor cu învelitori pe șarpantă.

În final este de arătat că cele cîteva considerații expuse nu sînt exhaustive, experiența de aplicare a normativului urmînd să pună în evidență noi îmbunătățiri care ar putea fi avute în vedere la o nouă revizie și reeditare a normativului.

Desigur, aspectele prezentate implică aprofundarea prin studii și urmărire a rezultatelor exploatării pînă la o concluzionare aptă de adoptarea unor decizii.

Revenind însă la conținutul normativului este de apreciat, credem, acuratețea acestuia, precum și faptul că el constituie primul act tehnic — legislativ, care reglementează un domeniu deosebit de important al sistemului energetic național.

Ing. Romulus Sfichi
IRE Suceava

TAGCH

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCURESTI

STR. DIMITRIE ONCIUL NR. 23-25 TELEFON: 35 54 70
SECTOR 2 COD: 70 318 TELEX: 10244 R

XECUTA : LUCRARI DE CONSTRUCTII SI INSTALATII DIN CADRUL AMENAJARILO HIDROENERGETICE DE JOASA SI MARE CADERE :

- BARAJE DIN BETON, SAU DIN MATERIALE LOCALE
- CENTRALE HIDROELECTRICE
- GALERII HIDROTEHNICE
- PRIZE DE APA
- VOALURI DE ETANSARE PRIN INJECTAREA IN TEREN A SUSPENSIILOR DE CIMENT
- ECRANE DE ETANSARE, EXECUTATE CU INSTALATII KELLY, ELSE SAU PERETI SUBTIRI
- DIGURI

ROIECTEAZA:

- DETALII DE EXECUTIE A LUCRARILOR DE BAZA
- INSTALATII DE PRODUCERE SI PRELUCRARE A MATERIALELOR LOCALE
- INSTALATII TEHNOLOGICE
- PROIECTE TIP PENTRU ORGANIZARE DE SANTIER
- UTILAJE PENTRU AUTODOTARE

TechnoCommerz
Volkseigener Außenhandelsbetrieb
DDR-1086 Berlin
Johannes-Dieckmann-Straße 11/13
Telefon: 2240, Telex: 114977-8

Apelați la noi:

TURBINA CU GAZE 028 DE 195 kW

un echipament de mare siguranță în exploatare

Domenii de aplicare:

- agregate de pompare folosite în alimentări cu apă, pentru echipamentele de stingere a incendiilor, ambarcațiuni pentru stingerea incendiilor ;
- grupuri generatoare pentru alimentare cu curent electric, de exemplu pentru alimentare cu curent de încercare și pornire ;
- grupuri generatoare electrice utilizate ca instalații de rezervă în caz de avarie la combinate agricole, hoteluri etc.

KAB

VEB Strömungsmaschinen

DEWAG DRESDEN

E 2039

MW

12

1985 JUN 20
Energia
REFERALVA

energetica

VOLUMUL XXXII
BUCUREȘTI
DECEMBRIE 1984

0 6 12 18 24

FOLOSIȚI CU ÎNCREDERE INHIBITORUL DE COROZIUNE TRIAV-M

TRIAV-M este un compus chimic pe bază de amine terțiare și tiozoli.

TRIAV-M se utilizează la spălarea chimică, pentru punerea în funcțiune a cazanelor de abur din termocentrale.

TRIAV-M protejează toate tipurile de oțeluri din componența cazanelor de abur, care vin în contact cu soluții de acid sulfuric.

Caracteristicile fizico-mecanice

Caracteristicile produsului	Condiții de admisibilitate
- culoarea	roșu-brun
- viscozitatea	2,8 CP la 110°C
- pH	7,5-8
- temperatura de fierbere	110°C
- substanță activă	50%

TRIAV-M se livrează pe bază de comandă fermă pentru o cantitate minimă de 60 kg, la prețul de 56,50 lei/kg.

TRIAV-M este un produs realizat de ICEMENERG omologat și verificat în practică cu foarte bune rezultate.

ICEMENERG

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 32 **12** DECEMBRIE 1984

COLEGIUL DE REDACŢIE

Biroul de redacţie

Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Dr. ing. **Nicolae Armencoiu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Gheorghe Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Eugeniu Pavel** (secretar de redacţie)

Membri

Ing. **Paul Cartianu**
Dr. ing. **Jean Constantinescu**
Dr. ing. **Mario Duma**
Dr. ing. **Alexandru Florescu**
Ing. **Horia Furtunescu**
Ing. **Nicolae Georgian**
Ing. **Dan Iosifescu**
Dr. ing. **Gheorghe Luca**
Dr. ing. **George Manolescu**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Ing. **Ion Măiereanu**
Ing. **Nicolae Nicolescu**
Ing. **Mihai Nistor**
Dr. ing. **Teodor Popa**
Ing. **Miron Popescu**
Dr. ing. **Victor Romert**
Ing. **Romulus Sfichi**
Ec. **Gheorghe Ursache**
Ing. **Romeo Zbarcea**

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 79619. Bd. Energeticienilor 8, Sector 3, Telefon: 20 67 30, 21 46 30

Cd. 2657

I. P. „INFORMAŢIA" str. Brezoianu nr. 23–25, sector 1

Lei 12

Cuprinsul

ARTICOLE

Ioan Zaharescu: Utilizarea căldurii reziduale a gazelor de ardere de la cuptoarele de forjă şi tratamente termice primare pentru producerea energiei electrice (cu prezentare în limba engleză) 533–543

Radu Enache, Sorin Coatu: Comportarea la solicitări cu impuls a lanţurilor de izolatoare alcătuite din izolatoare de sticlă capă-tijă (cu prezentare în limba engleză) 543–549

Ion Nicolau: Acţionări hidraulice pentru turbine cu abur 550–553

Mircea Nemeş, Ion Topîrceanu, Vladimir Hristea: Tratarea neutrului reţelelor de distribuţie cu linii în cablu, prin rezistor de limitare în cadrul IEIRIEDEET Timişoara 553–559

Mihai Semedrea, Augustin Aldasoro: Realizarea funcţiei de supra-veghere în cadrul automatizării termocentralelor cu grupuri de 50 MW cu ajutorul echipamentelor electronice de calcul 559–562

Adrian Opriţoiu: Asupra eficienţei proceselor de producere a energiei termice 563–568

INVENŢII–INOVAŢII 568–569

MINIMONOGRAFIE

Paul Cartianu, Ioan Mozeş: Evoluţia iluminatului şi alimentării cu energie electrică a oraşului Braşov 570

RECENZII 571–573

CUPRINSUL REVISTEI ENERGETICA PE ANUL 1984 573–575

În revista „Energetica" se publică:

Articole

Informații referitoare la: publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice — ICEMENERG, prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică.

Vasile Pleșca — șef OIDE

Ana Maria Chivu — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 2657

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

Readers from abroad can subscribe through: ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă P.O. Box 12-201, telex 10376 prsfir. București, Calea Griviței nr. 64—66

СОДЕРЖАНИЕ

Иоан Захареску: Использование остаточного тепла дымовых газов кузнечных и нагревательных печей для производства электроэнергии (с изложением на английском языке) 533—543

Раду Энаке, Сорин Коату: Поведение гирлянд из стеклянных тарельчатых изоляторов при импульсных испытаниях (с изложением на английском языке) 543—549

Ион Николау: Гидравлический привод для паровых турбин 550—553

Мирча Немеш, Ион Топырчяну, Владимир Христя: Обработка нейтрали распределительных сетей с кабельными ЛЭП при помощи ограничительного резистора на Предприятии по эксплуатации электросетей Тимишоара 553—559

Михай Семедря, Аугустин Алдасоро: Составление функции наблюдения при автоматизации ТЭЦ с блоками 5 мгвт с помощью вычислительного электронного одорудования 559—562

Адриан Оприцою: Вопрос об эффективности процессов производства тепловой энергии 563—568

ИЗОБРЕТЕНИЯ — НОВАТОРСТВА 568—569

МИНИМОНОГРАФИЯ

Паул Картияну, Иоан Мозеш: Эволюция вопроса по освещению и снабжению города Брашов электроэнергией 570

РЕЦЕНЗИИ 571—573

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЭНЕРГЕТИКА НА 1984 ГОД 573—575

INHALTSVERZEICHNIS

Ioan Zaharescu : Die Anwendung der Abwärme der Brenngase von Schmiedeöfen und von primären Wärmebehandlungen zur Erzeugung der Elektroenergie (mit einer Kurzfassung in Englisch) 533—543

Radu Enache, Sorin Coatu : Das Verhalten bei Impulsbeanspruchungen der Isolatorketten bestehend aus Glaskappenisolatoren (mit einer Kurzfassung in Englisch) 543—549

Ion Nicolau : Hydraulische Antriebe für Dampfturbinen 550—553

Mircea Nemeş, Ion Topîrceanu, Vladimir Hristea : Die Nullpunkterdung der Verteilungsnetze mit Kabelleitungen, mit Begrenzungswiderstand, im Netzbetrieb Timişoara 553—559

Mihai Semedrea, Augustin Aldasoro : Die Durchführung der Überwachungsfunktion im Rahmen der Automatisierung der Wärmekraftwerke mit 50 MW Blöcken mit Hilfe elektrischer Rechenanlagen 559—562

Adrian Opriţoiu : Über den Wirkungsgrad der Verfahren für die Erzeugung der Wärmeenergie 563—568

ERFINDUNGEN — ERNEUERUNGEN 568—569

MINIMONOGRAPHIE

Paul Cartianu, Ioan Mozeş : Die Entwicklung der Beleuchtung und der Elektroenergiezufuhr in der Stadt Braşov 570

REZENSION 571—573

DAS INHALTSVERZEICHNIS DER ZEITSCHRIFT ENERGETICA FÜR DAS JAHR 1984 573—575

SOMMAIRE

Ioan Zaharescu : L'utilisation de la chaleur résiduelle des gaz de combustion provenant des fours de forge et les traitements thérmiques primaires pour la production d'énergie électrique (présentation en anglais) 533—543

Radu Enache, Sorin Coatu : Le comportement aux solicitation à impulsions des chaînes d'isolateurs en verre capot-tije (présentation en anglais) 543—549

Ion Nicolau : Commandes hydrauliques pour les turbines à vapeur 550—553

Mircea Nemeş, Ion Topîrceanu, Vladimir Hristea : Le traitement du neutre des réseaux de distribution à lignes en câble, par résistance de limitation à IEIRIEDEET Timişoara 553—559

Mihai Semedrea, Augustin Aldasoro : La réalisation de la fonction de la fonction de sur veillance caractérisant l'action de l'automatisatiou des centrales thermiques à tranches de 50 MW à l'aide des équipements électroniques de calcul 559—562

Adrian Opriţoiu : Sur le rendement des processus de production d'énergie électrique 563—568

INVENTION—INNOVATION 568—569

MINIMONOGRAPHIE

Paul Cartianu, Ioan Mozeş : L'évolution de l'éclairage et de la distribution d'énergie électrique à Braşov 570

COMPTE—RENDUS 571—573

LE SOMMAIRE DE LA RÉVUE ENERGETICA EN 1984 573—575

SUMMARIES

DC 662.613,5 ; 66.012.004.1

Ioan Zaharescu : The Use of Flue Gases Waste Heat Discharged from Forging Furnaces and Primary Thermal Treatments for Electric Energy Generation (with a short presentation in English)

The paper refers to the recovery of waste heat from the flue gases from forging furnaces and primary thermal treatments and their use in the generation of electric energy and in co-generation.

Three installations are analysed, namely : with air turbine with steam turbine and with binary cycle of saturated steam-freon. For each of them, the thermal dynamic analysis is presented showing the efficiencies and the electrical power : the calculations are carried out for two natural gases burning forging furnaces with an installed thermal power of 1100 m^3_N/k.

Among the analysed solutions, the technological recovery of the burning air and its preheating to about 450°C is prioritary while the intended energetic recovery is the second stage, i.e. of gases heat recovery which reach 600—700°C at the forging furnaces at the outlet from primary recuperators or maximum 1100°C at the primary thermal treatments.

The air turbine installation uses as open circuit agent the isothermal compressed air, in three stages at 7.85 (8 atm), heated isobaric up to 550°C and polytropically expanded in the turbine down to 1.18 bar (1.2 atm).

The proposed steam turbine installation uses as energy agent the overheated steam of 350°C and 7.85 bar produced by a multiple once-through boiler with the thermal transfer surfaces mounted individually, immediately after the primary recuperators and connected to a centralizer separator drum.

At the binary cycle saturated steam-freon installation, the 7.85 bar steam is produced by a boiler similar to the one from the solution with steam turbine, without overheaters. The steam is used for generating saturated freon 11 vapours at 14.7 bar and 130°C which actuate turbo-generator units.

The comparative analyses impose the practical use for large forging furnaces and primary thermal treatments of installations with steam turbine and with binary cycle saturated steam-freon 11, showing the highest energetic and economic efficiencies and ranging from 0.20 to 0.14 for the case of electricity generation only and 0.90 (actual efficiency) for co-generation.

[Energetica 32 (1984), nr. 12, p. 533—543]

Radu Enache, Sorin Coatu : The Behaviour of Cap-Rod Glass Insulator Chains During Impulse Stresses (with a short presentation in English)

The paper characterizes subsequent to laboratory experiments the behaviour during impulse stresses of the cap-rod glass insulator chains made in Romania.

To this purpose, two aspects of the problem are surveyed, i.e. :

— to supply the design and operation departments with the necessary electrical characteristics for precise dimensioning and a corresponding operation of such insulator chains and

— to check the calculation predetermination manner of the impulse characteristics for different types of chains.

The results fo the tests have proved the precise performances of cap-rod glass insulator chains for 110—400 kV OHELs during impulse stresses, the conclusions and diagrams showing the dependence of the discharge voltage on different characteristic parameters constitute a useful design and operation instrument.

[Energetica 32 (1984), nr. 12, p. 543—549]

DC 621.165 ;621-82

Ion Nicolau : Steam Turbines Hydraulic Actuators

The control and shut-down valves hydraulic actuators for a 50,000 kW steam turbine are presented. The conditions imposed to these actuators are outlined in the beginning, then their composition and operation and finally the results of tests performed on these actuators previous to their delivery are discussed.

[Energetica 12, (1984), nr. 12 p. 550—553]

DC 621.311.4 ; 621.316.1

Mircea Nemeş, Ion Toplreeanu, Vladimir Hristea : Cab Line Distribution Networks Neuter Treatment by Limiti Resistors with the Electric Networks Enterprise Tim şoara

The advantages of neuter treatment in medium voltag distribution networks by limiting resistors are presented th oretically and practically. A survey of several sub-statio equipped with limiting resistors has proved the solutio selected for primary and secondary circuits as adequat An important decrease of the discontinuous number as result of decreasing electrical stresses due to overvoltag is outlined.

[Energetica 32 (1984), nr. 12, p. 553—559]

DC 621.311.22/23 ; 621.3.52 ; 681.3

Mihai Semedrea, Augustin Aldasoro : Achieving the Surve Function Within 50 MW Units Thermal Power Plant Automation by Means of Electric Computation Equipmen

The use of microprocessor computation equipment fo thermal power plants automation has a first aim, i.e. th increase of the survey operations automation degree an thus the improvement of the control rooms operative orga nizing.

The operative management organizing concept and th computation equipment functions for 50 MW units therma power plants as well as the future solutions are presente by the authors in the present paper.

[Energetica 32 (1984), nr. 12, p. 559—562]

DC 621.1.01

Adrian Oprifoiu : About the Thermal Energy Generatio Processes Efficiency

The present paper discusses some ways of practical impor tance for thermal energy generation, based on the thermo dynamic efficiency concept. The most suitable options from the point of view of efficiency are determined and the main heating systems efficiency increase ways are shown, the efficiency being calculated for various cases. An overall thermodynamic efficiency equation was drawn up as wel as one for the heat generating systems real efficiency.

[Energetica 32 (1984), nr. 12, p. 563—568]

INVENTIONS—INNOVATIONS 568—569

MINIMONOGRAPHY

Paul Cartianu, Ioan Mozeş : The Development of Lighting and Electricity Supply of the City Braşov 570

REVIEW 571—573

THE CONTENTS OF ENERGETICA FOR THE YEAR 1984 573—575

Utilizarea căldurii reziduale a gazelor de ardere de la cuptoarele de orjă şi tratamente termice primare pentru producerea energiei electrice

Ing. Ioan Zaharescu*

he Use of Flue Gases Waste Heat Discharged from Forging Furnaces and Primary Thermal Treatment Furnaces for Electric Energy Generation

(*Condensed from the paper in Romanian*)

The forging and primary thermal treatment compartments e equipped with intense technologic fuels burning furaces operating at low efficiencies due to the discharge of gh temperature and high heat content flue gases in the mosphere.

Flue gases with a temperature of 1200—1300 °C are disarged from the forging furnaces while those from primary ermal treatments reach temperatures of maximum 1100°C, they are hermetically closed.

At present, a technological recovery is achieved at the forgg furnaces for preheating the burning air up to about 450°C e flue gases having 600—700°C after the primary recuperaors.

The thermal treatment furnaces lack this technological covery due to the discontinuity of the operation regime. All these furnaces discharge heat contained in the flue gases hich is recoverable on the technological as well as on the ergetic side.

These furnaces have variable operation regimes as well as ariable flue gases temperatures and flows.

The recovery installations at these furnaces must be conceied thus as to enable the recovery of heat discharged in varia-le regime and its concentration in a location from where can have different and centralized utilizations.

The installation's subassemblies should be mounted indiidually in the immediate vicinity of these furnaces where e flue gases temperatures are still high.

The paper presents a comparative analysis of these recovery stallations for forging furnaces and primary thermal treatent furnaces for the generation of electricity or simultaeously and combined of electric and thermal power, i.e.: ith air turbine, with steam turbine and in binary cycle aturated steam-freon.

For each solution the thermal dynamic analysis is presened which provides data about efficiencies and electric output, he calculations being performed for two forging furnaces ith an installed thermal power of 1100 m^3_N/h burning natural gases.

The recovery installation with air turbine

This installation uses as agent, in open circuit, the isothermally compressed air in three stages at 7.85 bar (8 atm), eated isobar in two stages at 650°C and polytropically exanded in the turbine down to 1.18 bar (1.2 atm) (see Fig. 1,2, and 4).

The first air heating stage is located after the primary furace recuperator and the second one before the recuperator, n a flue gas channel by-pass.

The flue gases temperature at the forging furnaces outlet eing around 1200°C and the burning air being preheated p to about 450°C, the air can be heated further to 650°C n the second stage. At the primary thermal treatment furaces the air is heated in a single stage.

The recoverable heat flow Q_r(W) is determined for 30% f the furnaces' installed thermal power.

In order to maintain the agent's temperature at 650°C, at the constant flow given by the compressors, in case an overvoltage occurs due to the operation of the furnaces in powerful heating regime, a temperature correction is necessar with an automatic control loop with an exchanger-recuperator using cooling water which can be accumulated and used for different purposes.

Considering that the flue gases temperature discharged from the furnace is 1200°C, while at the recuperator installation outlet it reaches 150°C, that the burning air preheating can be performed between the values of 10°C and that the natural gases burning is performed stoichiometrically, it results that $Q_r = 2230$ kW.

According to the scheme from Fig. 2, the air leaving the turbine with an enthalpy of i_5 (kJ/kg) heats in recuperator 10 the air from stage 3 of the compressor having an enthalpy i_2 (kJ/kg). The heating of the air compressed in recuperator 10 is performed until an enthalpy of i_3(kJ/kg), continuing to the value i_4 (kJ/kg) due to the recovered heat Q_r is obtained.

At the turbine outlet the expanded air has the enthalpy i_5 (kJ/kg), i.e. the temperature t_5(°C) and passing through the recuperator 10 it cools down to $t_6 = 190$°C ($i_6 = 192$ kJ/kg).

Under these circumstances the recuperation installation air flow G_{ai} (kg/s) is determined with relation $G_{ai} = Q_r(i_4 - i_3)$.

The enthalpy of the air i_3 is determined from the heat balance of the recuperator 10 :

$$i_3 - i_2 = (i_5 - i_6)\ \eta_1 R,$$

where : $\eta_1 R$ — the recuperator 10 efficiency = 0.99

In order to determine the enthalpies i_2 and i_5 kJ/kg) the temperatures t_2 at the outlet of the air from the compressor and t_5 at the outlet of the air from the turbine are calculated.

The theoretical air temperature at the compressor outlet is calculated with relation :

$$T_2' = t_1 \beta_c^{\frac{n-1}{n}}, \quad [K]$$

where :

β_c — the compression ratio ;

T_1 — 283 K ;

n — the adiabatic air exponent = 1.40.

$$\beta_c = \sqrt[3]{\frac{p_2}{p_1}} = \sqrt[3]{\frac{7.85}{0.9806}} = 2.$$

The real temperature T_2 of the air at the compressor outlet is determined by relation :

$$T_2 = T_1' + (T_2' - T_1)/\eta_c, \qquad (K)$$

where : η_c — the compressor efficiency = 0.82.

It results that $t_2 = 86$°C and $i_2 = 86$ kJ/kg.

* Ing. Ioan Zaharescu — ICSITPSC

The theoretical air temperature at the turbine outlet T_5' (K) is determined by relation :

$$T_5' = T_4 \, (p_5/p_4)^{\frac{n-1}{n}}, \qquad [K]$$

where : $T_4 = 923$ K ;
$p_5 = 1.10$ bar ;
$p_4 = 6.87$ bar.

The real air temperature T_5(K) at the turbine outlet is determined by relation

$$T_5 = T_4 - (T_4 - T_5) \cdot \eta_T, \text{ (K)}$$

where : η_T — is the turbine efficiency = 0.85.

It results that $t_5 = 338$°C, $i_5 = 345$ kJ/kg and finally $G_{ai} = 5.0$ kg/s.

The specific compression mechanical work is determined by relation :

$$l_c = 3 \cdot \frac{n}{n-1} \, RT_1 \left(1 - \beta_c^{\frac{n-1}{1}}\right) \eta_c, \quad \text{(kJ/kg)}$$

where R — the air constant = 287 kJ/kg .K.

It results that $l_c = -227$ kJ/kg.

The mechanic turbine expansion work is calculated with relation :

$$l_{tu} = \frac{n}{n-1} \, RT_4 \, [1 - (p_5/p_4)^{\frac{n-1}{n}}] \, \eta_T \quad \text{(kJ/kg)}$$

and it results that $l_{tu} = 312$ kJ/kg.

The specific mechanical work obtainable at the electric transformer terminals is determined by relation :

$$l_u = (l_{tu} - |l_c|) \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_t, \qquad \text{(kJ/kg)}$$

where : η_m — the mechanical efficiency = 0.985 ;
η_a — the electric generator efficiency = 0.96 ;
η_t — the electric transformer efficiency = 0.96.

It results that $l_u = 77.4$ kJ/kg.

The useful power P(kW) is determined with relation

$$P = l_u \cdot G_{ai}$$

resulting

$$P = 377 \text{ kW}.$$

The heat yielded by the air for preparing hot sanitary water in recuperator 11, Q_{67} (kW) is determined by relation :

$$Q_{67} = G_{ai}(i_6 - i_7) \, \eta_i$$

where η_i — the recuperator 11 efficiency = 0.99 ;
i_7 — 90 kJ/kg (it has been considered that the air cools down at $t_7 = 90$°C).

It results that $Q_{67} = 504$ kW.

The actual installation efficiency is determined with relation :

$$\eta_{ef} = (l_u + i_6 - i_7)/i_4 - i_3,$$

resulting 0.401.

The electric energy generation efficiency (excluding internal services) is determined by relation :

$$\eta_{el} = l_u/i_1 - i_3$$

and there results 0.173.

The recovery installation with steam turbine

This installation uses as energy agent the overheated steam of 350°C and 7.85 bar, produced by a multiple once-through boiler with the thermal transfer surfaces mounted individually right after the primary recuperators of the furnaces connected to a special centralizer separator drum (see Fig. 5,6 and 7).

These surfaces are dimensioned for the recovery of heat from the flue gases compared to 30% from the installed thermal power of the furnace.

In a powerful heating up regime at the furnace, tending towards the installed thermal power, the maintaining of a temperature constancy of 350°C is achieved by an automatic control 100p, the steam being cooled by injection with demineralized water.

For the generation of electricity only, the turbine is dimensioned for steam expansion from 7.85 bar (8 atm) to 0.079 bar (0,05 atm) while for the combined and simultaneous generation of electric and thermal power the expansion takes place until 0.29 bar (0.3 atm), the condenser water being discharged with 60°C.

This variant is equivalent from this piont of view to the solution with air turbine.

For the same quantity of recovered heat $Q_r = 2230$ kW and the internal efficiency of turbine $\eta_i = 0.8$, the electric power P(kW) is determined by relation :

$$P = D_{ab} \cdot l_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_t \, ,$$

where $D_{ab} = Q_r/i_1 - i_a$ (kg/s) ;
$i_1 = 3160$ kJ/kg (the stream enthalpy at 7.85 bar and 350°C) ;
$i_a = 83.8$ kJ/kg (the supply water enthalpy at $t = 20$°C) ;
$l_i = (i_1 - i_{3'}) \cdot \eta_i$ (kJ/kg) ;
$i_3 = 2505$ kJ/kg (from the diagram $i - s$ for $p_3 = 0.29$ bar) ;
η_m — the mechanic efficiency = 0.96 ;
η_g — the electric generator efficiency = 0.95 ;
η_t — the electric transformer efficiency = 0.95.

It results that $P = 330$ (kW) for the expansion to $P_3 = 0.29$ bar (co-generation).

The thermal energy obtained at the condenser is calculated with relation :

$$Q_r' = D_{ab} \, (i_3 - i_a') \cdot \eta_{cd} \quad \text{(kW)} ;$$

where $i_3 = i_1 - (i_1 - i_{3'}) \cdot \eta_i$ (kJ/kg)

$$i_a' = 287 \cdot 1 \text{kJ/kg}$$

(the water enthalpy on the saturation curve at $P_3 = 0.29$ bar).

It results that $Q_r' = 1690$ kW.

The real efficiency in the case of co-generation is determined by relation :

$$\eta_{ef} = (P + Q_r')/Q_r$$

and there results 0.905

The electricity generation efficiency (excluding internal service) is determined by relation :

$$\eta_{el} = P/Q_r$$

and there results 0.148.

The electric power for the case of generating only electricity, corresponding to the steam expansion until $P_2 = 0.049$ bar (0.05 atm) is calculated by :

$$l_i = i_1 - i_2 = (i_1 - i_{2'}), \, \eta_i,$$

where :

$i_{2'} = 2260$ kJ/kg (from the diagram $i - s$ for $p_2 = 0.049$ bar).

The electric power $P = 452$ kW and the effective efficiency $f = 0.203$ result.

The recovery instalation in binary saturated steam-freon cle

With this installation, the saturated steam with 7.85 bar produced by a similar boiler to the one from the version ith steam turbine, without overheaters (see Fig. 8,9 and 10). The steam is used for producing saturated freon 11 vaours with 14.7 bar and 130°C which actuates thermal generaon units. The thermal transfer surfaces are located indivirally on the furnace immediately behind the primary recuratiors being dimensioned for the installed thermal power. rom the generated steam only 30% is used for the generaon of electric energy, i.e. the steam flow which can be geneted permanently by the furnaces in the minimal operation gime. The air excess resulted from the furnace's load reime can be used as technological steam for instance.

For the case of the combined electric and thermal energy eneration the freon 11 vapours used as energetic agent expand 3.63 bar, the cooling water can be obtained at the condenr at 60°C. The electric power is determined with relation:

$$P = D_F l_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_t \text{ (kW)}$$

where: $D_F = Q_r/i_1 - i'_F$(kg/s);
$i_1 = 667$ kJ/kg (the freon saturated vapours enthalpy at 14.7 bar and 130°C);
$i'_F = 474$ kJ/kg (the freon condenser enthalpy at 3.63 bar)

$$l_i = (i_1 - i_{3'}) \cdot \eta_i$$

where:
$i_{3'} = 640$ kJ/kg (from the diagram $i - s$ for 65°C and 3.63 bar);
η_i — the internal turbine efficiency $= 0.85$;
η_m — the mechanic efficiency $= 0.96$;
η_g — the electric generator efficiency $= 0.95$;
η_t — the electric transformer efficiency $= 0.95$.

It results that $P = 231$ kW.

The thermal energy obtained at the condenser Q'_r is determined by relation:

$$Q'_r = D_F \cdot (i_3 - i'_F) \cdot \eta_{cd}, \text{ (kW)}$$

where: η_{cd} — the condenser efficiency $= 0.99$;

$$i_3 = i_1 - l_i \text{ (kJ/kg)}.$$

It results that $Q'_r = 1910$ kW.

The effective efficiency in the case of co-generation is calculated with relation:

$$\eta_{ef} = (P + Q'_r)/Q_r$$

and there results 0.96.

The electricity generation efficiency (excluding internal services) is calculated with relation:

$$\eta_{el} = P/Qr$$

and there results 0.1035.

The electric power for the case of generating only electricity, according to the expansion of the freon 11 vapours to 35°C and 1.37 bar is calculated with:

$$l_i = (i_1 - i_{2'}) \cdot \eta_i$$

where: $i_{2'} = 625$ kJ/kg (from diagram i — s for $p_2 = 1.37$ bar);

$i'_F = 446$ kJ/kg;

$D_F = 10.15$ kg/s.

It results that $P = 315$ kW and the effective efficiency $\eta_{ef} = 0.141$ (excluding internal services).

Conclusions

The comparative analysis imposes the practical application of steam turbine installations and binary saturated steam-freon 11 cycle for the powerful forging and primary treatment furnaces, having the highest energetic and economic efficiency ranging between 0.20 and 0.14 respectively, for the generation of electricity only and over 0.90 (effective efficiency) for the case of co-generation.

Date generale

Secţiile de forjă şi tratamente termice primare au în dotare cuptoare pentru încălzire în vederea forjării materialelor şi pentru tratamente termice primare, care reprezintă utilaje energointensive, mari consumatoare de combustibili tehnologici, cu randamente scăzute, datorită, în primul rînd, evacuării în atmosferă a gazelor de ardere cu temperatură ridicată şi conţinut mare de căldură reziduală.

Cuptoarele de tratamente termice primare, neavînd recuperatoare pentru preîncălzirea aerului de ardere, evacuează gaze de ardere cu temperatura pînă la 1100°C. La cuptoarele de forjă, temperatura gazelor de ardere în spaţiul de lucru este de 1200 — 1300°C, temperatură cu care ies din cuptoare, prin racordurile de evacuare, dacă cuptoarele au o bună etanşare şi racordurile sînt amplasate deasupra vetrei.

Multe cuptoare de forjă şi tratamente termice primare cu cameră şi vatră mobilă sînt concepute pentru evacuarea gazelor de ardere la partea inferioară sub nivelul vetrelor, fără a avea o bună etanşare, evacuarea făcîndu-se într-o zonă de depresiune, prin care pătrunde aerul fals. Aceasta face ca, deşi în cuptoarele de forjă gazele de ardere au 1200 — 1300°C, iar în cele de tratamente termice maximum 1100°C, ele să se răcească sensibil, chiar la ieşirea din cuptoare, pînă la 800 — 900°C sau 500 — 600°C la cele cu mari deficienţe de etanşare.

La cuptoarele de forjă se realizează în prezent, o recuperare tehnologică prin valorificarea parţială a căldurii reziduale a gazelor de ardere, pentru preîncălzirea aerului de ardere pînă la circa 450°C, cu ajutorul recuperatoarelor primare de diverse tipuri, gazele de ardere avînd, după recuperatoare, 600 — 700°C, în condiţiile unei bune etanşări. Cuptoarele de tratamente termice primare nu au această recuperare tehnologică, datorită caracterului discontinuu al regimului de funcţionare.

Aşadar, de la cuptoarele de forjă şi tratamente termice primare rezultă disponibilităţi de căldură conţinută în gazele de ardere, ce mai pot fi recuperate atît în direcţie tehnologică, cît şi în direcţie energetică.

Spre deosebire de alte cuptoare industriale, cele de forjă şi tratamente termice prezintă o serie de caracteristici ce fac dificilă recuperarea căldurii reziduale a gazelor de ardere. Astfel se menţionează caracterul variabil al regimurilor de funcţionare la aceste cuptoare.

Există un regim de funcţionare la încălzirea pieselor cu o anumită viteză exprimată în grade/oră, încălzire realizată la o temperatură constantă în cuptor, consumul de combustibil tinzînd spre puterea termică instalată, precum şi un al doilea regim de încălzire la temperatură constantă în cuptor şi cu menţinerea constantă a temperaturii la suprafaţa pieselor, regim caracterizat prin micşorarea sensibilă a debitului gazelor de ardere, corespunzînd la 20 — 30% din puterea termică instalată.

Aceste cuptoare pot fi amplasate pînă la 20 şi mai multe într-o secţie mare de forjă; în acest caz apar probleme la evacuarea centralizată a gazelor de ardere, precum şi la recuperarea centralizată a căldurii reziduale a gazelor de ardere.

Prin legarea în paralel, cuptoarele se influenţează negativ, facilitîndu-se pătrunderea aerului fals rece prin cuptoarele ce nu funcţionează sau sînt în reparaţii, deoarece nu se pot separa etanş de cele care funcţionează, degradîndu-se potenţialul termic al gazelor de ardere.

Răcirea gazelor de ardere este accentuată şi de pătrunderea aerului fals rece prin neetanşeităţile canalelor de fum, care, de regulă, sînt executate din zidărie.

Din aceste cauze se impune ca instalaţiile de recuperare energetică la aceste cuptoare să fie alcătuite din subansambluri montate individual, imediat lîngă cuptoare, unde temperatura gazelor de ardere are valorile cele mai ridicate.

Aceste subansambluri trebuie concepute să poată recupera căldura, aşa cum este ea furnizată în regim variabil şi să o poată dirija într-un loc de unde i se pot da diverse utilizări şi se poate realiza o exploatare centralizată.

În articol se analizează comparativ trei instalaţii recuperatoare pentru cuptoarele de forjă şi tratamente termice primare, pentru producerea energiei electrice sau combinat a energiei electrice şi termice simultan, şi anume: cu turbină cu aer, cu turbină cu abur şi în ciclu binar abur saturat-freon. Pentru fiecare din aceste soluţii se prezintă analiza termodinamică, din care rezultă randamentele efective, puterile electrice posibil a fi produse şi alte caracteristici tehnice, funcţie de care se pot aplica în practică.

1. Instalaţii recuperatoare cu turbină cu aer. Analiza termodinamică a soluţiei

Aşa cum rezultă din figurile 1,2,3 şi 4, acest tip de instalaţii se poate realiza utilizînd ca agent de lucru, în ciclu deschis, aerul atmosferic, comprimat izotermic de un compresor în trei trepte, încălzit izobar, folosind căldura

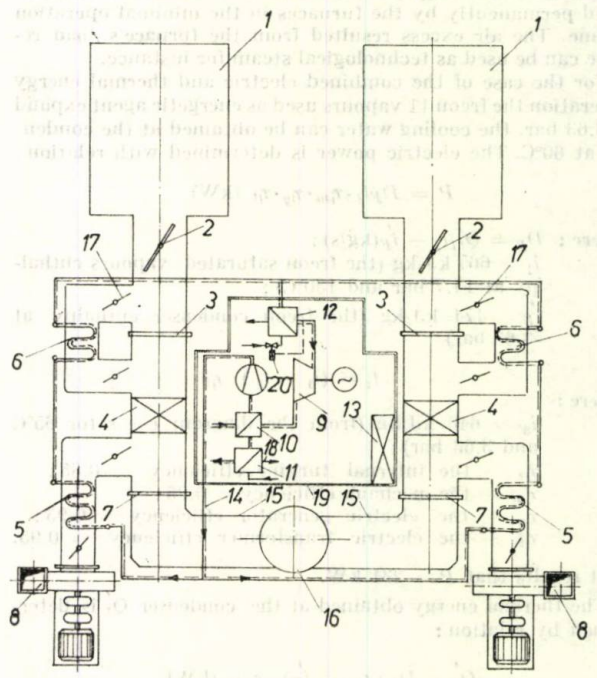


Fig. 1. Schiţă-plan de amplasare a instalaţiei recuperatoare cu turbină cu aer: 1 — cuptor de forjă; 2 — registru-rotativ pentru reglarea presiunii în cuptor; 3 — registru — ghilotină treapta 1; 4 — recuperator primar; 5 — recuperator pentru aer, treapta 1; 6 — recuperator pentru aer, treapta 2; 7 — registru — ghilotină treapta 2; 8 — exhaustor; 9 — grup turbocompresor-generator; 10 — recuperator pentru aer; 11 — recuperator pentru apă; 12 — schimbător recuperator pentru corectarea temperaturii; 13 — tablou AMCR; 14 — conductă de aer; 15 — canal de fum; 16 — coş de fum; 17 — registru rotativ; 18 — conductă de apă; 19 — construcţie; 20 — — regulator de temperatură.

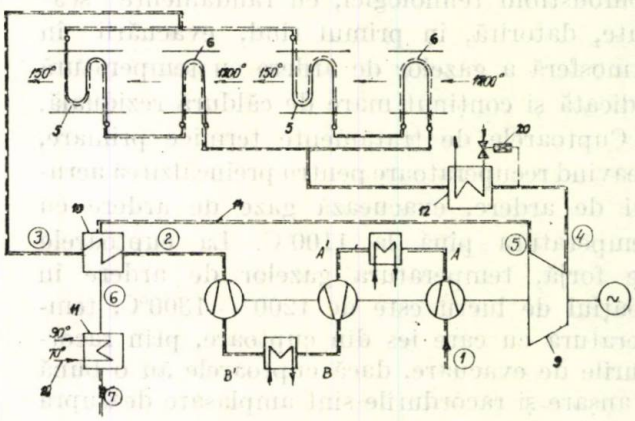


Fig. 2. Schema instalaţiei recuperatoare cu turbină cu aer.

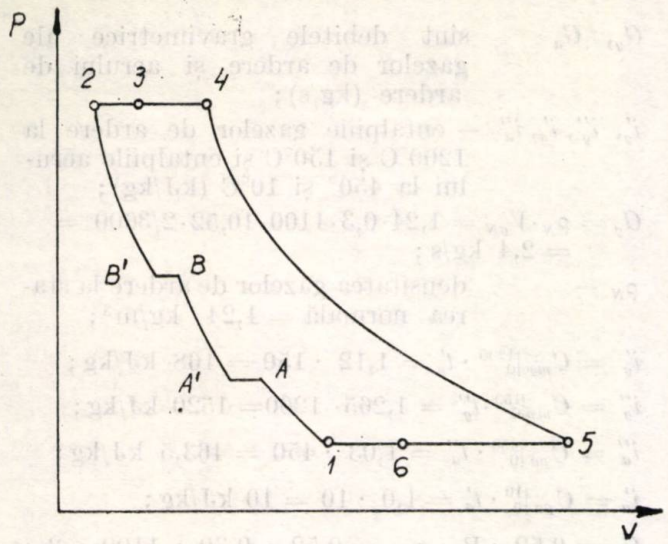


Fig. 3. Ciclul teoretic în diagrama $P - V$ al instalației recuperatoare cu turbină cu aer.

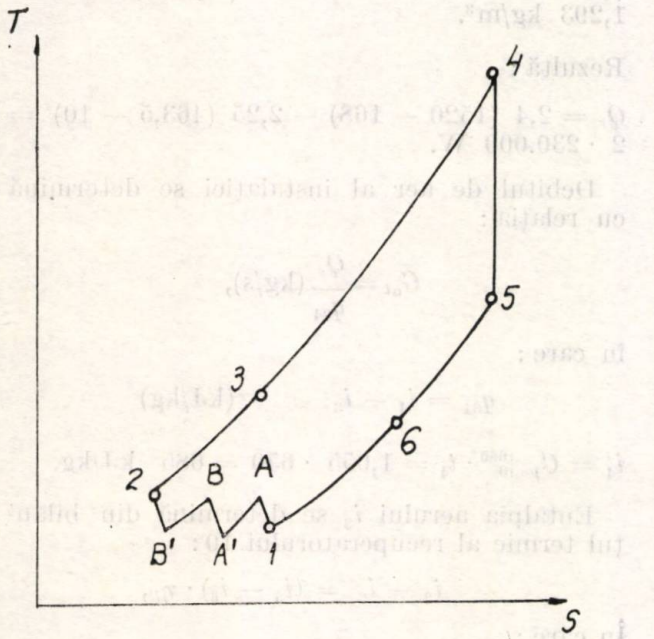


Fig. 4. Ciclul teoretic în diagrama $T-S$, al instalației recuperatoare cu turbină cu aer.

reziduală a gazelor de ardere de la cuptoare și destins politropic în turbină.

În această soluție, aerul se încălzește izobar în două trepte, prima fiind amplasată după recuperatorul primar al cuptorului, iar cea de a doua înaintea recuperatorului primar, pe un by-pass, la canalul de fum. În acest fel, ținînd seama că temperatura gazelor de ardere la ieșirea din cuptoarele de forjă este de circa 1200°C și că preîncălzirea aerului de ardere se face pînă la circa 450°C se poate încălzi agentul motor la circa 650°C, în treapta a doua, ceea ce constituie astfel un prerecuperator. La cuptoarele de tratamente termice primare, care nu au recuperatoare pentru preîncălzirea aerului de ardere, încălzirea agentului de lucru se poate realiza într-o singură treaptă, avînd în vedere că temperatura gazelor de ardere evacuate din spațiul de lucru este de maximum 1100°C. Compresorul, turbina și generatorul electric sînt cuplate pe același ax. Comprimarea s-a prevăzut izotermică în trei trepte, cu răcire cu apă, pentru a micșora lucrul mecanic consumat de compresor. Este cunoscut că cel mai mic lucru mecanic de comprimare corespunde comprimării izotermice.

În vederea măririi randamentului ciclului s-a prevăzut recuperarea căldurii aerului destins în turbină, ținînd seama de temperatura lui ridicată la ieșirea din turbină. Astfel, în recuperatorul 10 (fig. 2) se încălzește aerul refulat din treapta a 3-a a compresorului pe seama căldurii conținute de agentul motor evacuat din turbină, iar în recuperatorul 11 se mai cîștigă o cantitate de căldură din aerul evacuat, preparîndu-se apă caldă de consum igienic, cu caracter permanent de utilizare.

Semnificațiile punctelor din schemă (fig. 2) și din diagramele P-V și T-S ale ciclului (fig. 3 și 4), care reprezintă stările agentului de lucru, sînt următoarele:

- —1 starea inițială a aerului aspirat de compresor la presiunea atmosferică și temperatura mediului ambiant;
- —1 AA' BB'2 — comprimarea izotermică în trei trepte a aerului;
- —2—3 încălzirea aerului refulat de treapta a 3-a a compresorului în recuperatorul 10;
- —3—4 încălzirea izobară a aerului în cele două trepte de încălzire prin recuperarea căldurii reziduale a gazelor de ardere;
- —4—5 destinderea adiabatică a aerului în turbină;
- —5—6 răcirea aerului evacuat din turbină în recuperatorul 10.

Figura 1 reprezintă o schiță-plan de amplasare pentru o instalație recuperatoare cu turbină cu aer pentru două cuptoare de forjă, cu amplasarea individuală în două trepte a suprafețelor de transfer termic imediat lîngă cuptoare și cu trecerea gazelor de ardere prin instalație și evacuarea acestora prin tiraj forțat cu două exhaustoare de gaze calde. Amplasarea grupului turbocompresor-generator și a utilajelor aferente instalației se face într-o construcție unde este adus centralizat, prin conducte, agentul motor, cu debitul și temperatura pentru care a fost dimensionată turbina.

Referitor la parametrii agentului motor se precizează că dacă debitul de aer poate fi ales constant prin alegerea unui anumit tip

de compresor, temperatura aerului variază funcție de posibilele regimuri de funcționare ale cuptoarelor

În ceea ce privește cantitatea de căldură recuperată, aceasta trebuie să se ia maximum 30% din puterea termică instalată a cuptoarelor și pentru această valoare se vor dimensiona suprafețele de transfer termic din treptele 1 și 2 pentru încălzirea agentului motor de la temperatura mediului ambiant la circa 650°C. La alegerea debitului de aer vehiculat prin instalație se va ține seama și de faptul că o parte din căldura reziduală trebuie să asigure preîncălzirea aerului de ardere necesar cuptoarelor. Pentru a menține temperatura agentului de lucru la 650°C, valoare pentru care se dimensionează turbina în cazul apariției supratemperaturilor datorită funcționării cuptoarelor în regim puternic de încălzire, trebuie să se prevadă o corecție de temperatură cu un schimbător-recuperator, utilizînd ca agent de răcire apa, corecție ce se va realiza printr-o buclă de reglare automată a temperaturii. Apa caldă rezultată din corectarea temperaturii aerului poate fi acumulată și utilizată în diferite scopuri.

Dimensionarea exhaustoarelor trebuie făcută la debitul maxim al gazelor de ardere necesar a fi evacuate din cuptoare, corespunzător puterii termice instalate și pierderilor gazodinamice calculate la debitul maxim.

Instalația descrisă este complexă; poate fi prevăzută la cuptoarele mari, necesitînd pentru construcția turbinei, a suprafețelor de transfer termic din drumul gazelor de ardere și pentru conducte, materiale rezistente la temperaturi ridicate.

În continuare se prezintă analiza termodinamică a unei astfel de instalații recuperatoare cu turbină cu aer, pentru două cuptoare de forjă, cu cameră și vatră mobilă, cu suprafața vetrei de 50 m², avînd un debit instalat de gaze naturale $B_{max} = 1100$ m³N/h cuptor, ținînd seama de ipotezele și limitările indicate mai sus.

Se prevede ca aerul să fie comprimat izotermic la 7,85 bar și în trei trepte. În turbină aerul intră cu 6,87 bar, 650 °C și se destinde pînă la 1,18 bar.

Debitul de căldură ce se poate recupera $Q_r(W)$ se determină pentru:

- 30% din puterea termică instalată a cuptoarelor ($B = 0{,}3\ B_{max}$);
- temperatura gazelor de ardere evacuate din cuptor $t'_g = 1200$ °C;
- recuperarea se face pînă la temperatura gazelor de evacuare $t''_g = 150$ °C;
- combustibilul folosit este metanul (CH_4) și arderea se face cu exces de aer $\lambda = 1{,}0$;
- preîncălzirea aerului de ardere se face de la $t'_a = 10$°C la $t''_a = 450$°C.

$$Q_r = G_g\ (i'_g - i''_g) - G_a(i''_a - i'_a),$$

în care:

G_g, G_a sînt debitele gravimetrice ale gazelor de ardere și aerului de ardere (kg/s);

i'_g, i''_g, i'_a, i''_a — entalpiile gazelor de ardere la 1200°C și 150°C și entalpiile aerului la 450° și 10°C (kJ/kg);

$G_g = \rho_N \cdot V_{gN} = 1{,}24 \cdot 0{,}3 \cdot 1100 \cdot 10{,}52 \cdot 2/3600 = 2{,}4$ kg/s;

ρ_N — densitatea gazelor de ardere la starea normală = 1,24 kg/m³;

$i'_g = C_{mp}|_0^{1200} \cdot t'_g = 1{,}12 \cdot 150 = 168$ kJ/kg;

$i''_g = C_{mp}|_0^{150} \cdot t''_g = 1{,}265 \cdot 1200 = 1520$ kJ/kg;

$i''_a = C_{pa}|_0^{450} \cdot t''_a = 1{,}03 \cdot 450 = 463{,}5$ kJ/kg;

$i'_a = C_{pa}|_0^{10} \cdot t'_a = 1{,}0 \cdot 10 = 10$ kJ/kg;

$G_a = 9{,}52 \cdot B \cdot \rho_{Na} = 9{,}52 \cdot 0{,}30 \cdot 1100 \cdot 2 \cdot 1{,}293/3600 = 2{,}25$ kg/s.

ρ_{Na} — densitatea aerului la starea normală = 1,293 kg/m³.

Rezultă:

$Q_r = 2{,}4\ (1520 - 168) - 2{,}25\ (463{,}5 - 10) = 2 \cdot 230.000$ W.

Debitul de aer al instalației se determină cu relația:

$$G_{ai} = \frac{Q_r}{q_{34}}\ (\text{kg/s}),$$

în care:

$$q_{34} = i_4 - i_3 \qquad (\text{kJ/kg})$$

$i_4 = C_{pa}|_0^{650} \cdot t_4 = 1{,}055 \cdot 650 = 685$ kJ/kg.

Entalpia aerului i_3 se determină din bilanțul termic al recuperatorului 10:

$$i_3 - i_2 = (i_5 - i_6) \cdot \eta_R,$$

în care:

i_2 este entalpia aerului la ieșirea din treapta a 3-a a compresorului (kJ/kg);

i_5 — entalpia aerului la ieșirea din turbină (kJ/kg);

i_6 — entalpia aerului la ieșirea din recuperatorul 10; entalpia i_6 se va lua corespunzător temperaturii $t_6 = 190$°C:

$i_6 = C_{pa}|_9^{190} \cdot t_6 = 1{,}011 \cdot 190 = 192$ kJ/kg.

Pentru determinarea entalpiilor i_2 și i_5 se calculează temperaturile t_2 și respectiv t_5.

Temperatura teoretică a aerului la ieșirea din compresor se determină cu relația:

$$T'_2 = T_1 \beta_c^{\frac{n-1}{n}} = 283 \cdot 2^{\frac{1{,}4-1}{1{,}4}} = 345 \text{ K},$$

în care:
n este exponentul adiabatic al aerului = 1,40;
β_c — raportul de comprimare:

$$\beta_c = \sqrt[3]{\frac{p_2}{p_1}} = \sqrt[3]{\frac{7,85}{0,9806}} = 2.$$

Notînd cu T_2 temperatura reală a aerului la ieşirea din compresor, aceasta se determină cu relaţia:

$$T_2 = T_1 + (T_{2'} - T_1)/\eta_c = 283 + $$
$$+ (345 - 283/0,82 = 359 \text{ K};$$
$$t_2 = 86°C;$$

η_c = randamentul compresorului = 0,82.
Rezultă:

$$i_2 = C_{pa}|_0^{86} \cdot t_2 = 1,0 \cdot 86 = 86 \text{ kJ/kg}.$$

Temperatura teoretică a aerului la ieşirea din turbină se determină cu relaţia:

$$T_5' = T_4(p_5/p_4)^{\frac{n-1}{n}} = (273 + 650)(1,18/6,87)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = $$
$$= 556 \text{ K},$$
$$p_5 = 1,18 \text{ bar}; \; p_4 = 6,87 \text{ bar}.$$

Notînd cu T_5 temperatura reală a aerului la ieşirea din turbină aceasta se determină cu relaţia:

$$T_5 = T_4 - (T_4 - T_5')\,\eta_T = 923 - (923 - 556) \cdot $$
$$\cdot 0,85 = 611 \text{ K},$$

η_T fiind randamentul turbinei=0,85; t_5 = 338°C.
Rezultă:

$$i_5 = C_{pa}|_0^{338°} \cdot t_5 = 1,02 \cdot 338 = 345 \text{ kJ/kg}.$$
$$i_3 = i_2 + (i_5 - i_6) \cdot \eta_R = 86 + (345 - 192) \cdot $$
$$\cdot 0,99 = 237,5 \text{ kJ/kg};$$
$$G_{ai} = 2\,230\,000/(685 - 237,5) = 5,0 \text{ kg/s}.$$

Lucrul mecanic specific de comprimare se determină cu relaţia:

$$l_c = 3\frac{n}{n-1} RT_1 \left(1 - \beta_c^{\frac{n-1}{n}}\right) \cdot \frac{1}{\eta_c} \text{ (J/kg)},$$

unde:
R = constanta aerului = 287 J/kg.K;
T_1 = temperatura aerului aspirat = 283 K.
Rezultă:

$$l_c = -227\,000 \text{ J/kg} = -227 \text{ kJ/kg}.$$

Lucrul mecanic de destindere în turbină se calculează cu relaţia:

$$l_{tu} = \frac{n}{n-1} RT_4 \left[1 - \left(\frac{p_5}{p_4}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right] \cdot \eta_T \text{ (J/kg)},$$

în care:

$$p_4 = 6,87 \text{ bar}; \; p_5 = 1,18 \text{ bar}.$$

Rezultă:

$$l_{tu} = 312000 \text{ J/kg} = 312 \text{ kJ/kg}.$$

Lucrul mecanic specific utilizabil la bornele transformatorului electric se determină cu relaţia:

$$l_u = (l_{tu} - |l_c|) \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_t \text{ (J/kg)},$$

în care:

η_m este randamentul mecanic = 0,985;
η_g — randamentul generatorului electric=0,96;
η_t — randamentul transformatorului electric= = 0,96.
Rezultă:

$$l_u = 77\,400 \text{ J/kg} = 77,4 \text{ kJ/kg}.$$

Puterea utilă P se determină cu relaţia:

$$P = l_u \cdot G_{ai} = 77,4 \cdot 5,0 = 377 \text{ kW}.$$

Căldura cedată pentru prepararea apei calde de consum igienic, q_{67}:

$$q_{67} = i_6 - i_7 \text{ [W]};$$

$i_7 = C_{pa}|_0^{90} \cdot t_7 = 1,0 \cdot 90 = 90$ kJ/kg (s-a considerat că aerul se răceşte la t_7 = 90°C);

$$q_{67} = 192 - 90 = 102 \text{ kJ/kg};$$
$$Q_{67} = q_{67} \cdot G_{ai} \cdot \eta = 102 \cdot 5,0 \cdot 0,99 = 504000 \text{ W}.$$

η = 0,99 randamentul recuperatorului 11.
Randamentul efectiv al instalaţiei se determină cu relaţia:

$$\eta_{ef} = (l_u + q_{67})/q_{34} = (77,4 + 102)/4447,5 = 0,401.$$

Randamentul producerii energiei electrice (exclusiv serviciile interne):

$$\eta_{el} = l_u/q_{34} = 77,4/47,5 = 0,173.$$

2. Instalaţii recuperatoare cu turbine cu abur. Analiza termodinamică a soluţiei

În figurile 5 şi 6 este prezentată soluţia tehnică pentru instalaţiile recuperatoare cu turbine cu abur care utilizează ca agent termic aburul cu parametrii 7,85 bar şi 350°C, produs de un cazan cu circulaţie forţată multiplă. Acest cazan este prevăzut să aibă suprafeţele de transfer termic, respectiv economizoarele, vaporizatoarele şi supraîncălzitoarele, montate individual pe fiecare cuptor, după recuperatoarele primare. Aceste suprafeţe de transfer termic se dimensionează numai pentru 30% din puterea termică instalată a cuptoarelor. Economizoarele şi vaporizatoarele produc o emulsie apă-abur, care este colectată într-un tambur separator, unde aburul saturat este separat de apă. Aburul saturat este supraîncălzit în supraîncălzitoarele racordate la un

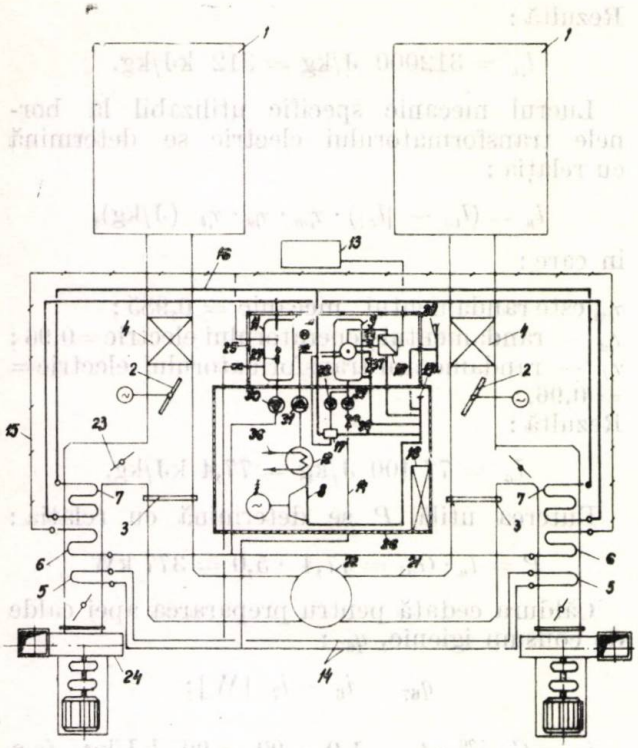


Fig. 5. Schiță-plan de amplasare a instalației recuperatoare cu turbină cu abur : 1 — cuptor de forjă ; 2 — registru-rotativ pentru reglarea presiunii în cuptor ; 3 — registru-ghilotină ; 4 — recuperator primar ; 5 — economizor ; 6 — vaporizator ; 7 — supraîncălzitor ; 8 — grup turbogenerator ; 9 — degazor 1,2 ata ; 10 — preîncălzitor apă alimentare cazan ; 11 — tambur-separator ; 12 — condensator ; 13 — stație tratare apă ; 14 — conductă apă ; 15 — conductă emulsie apă-abur ; 16 — conductă abur ; 17 — stație răcire ; 18 — tablou AMCR ; 19 — distribuitor abur ; 20 — conductă abur de la CT sau CET ; 21 — canal de fum ; 22 — coș de fum ; 23 — registru-rotativ ; 24 — exhaustor ; 25 — platformă cota + 6000 ; 26 — construcție ; 27 — supapă de siguranță ; 28 — conductă de degazare ; 29 — pompă de alimentare ; 30 — pompă circulație forțată multiplă ; 31 — pompă condensat ; 32 — pompă apă de răcire ; 33 — oală de condensat ; 34 — ventil electric de reglare ; 35 — buclă de reglare a temperaturii aburului ; 36 — apă de răcire ; 37 — reductor de presiune.

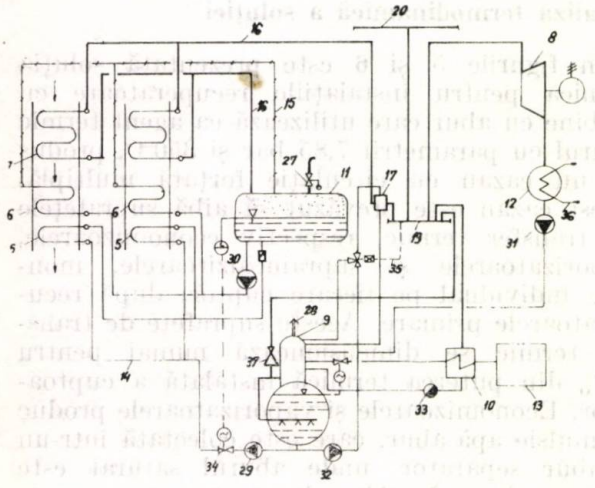


Fig. 6. Schema instalației recuperatoare cu turbină cu abur.

distribuitor, care la rîndul lui este racordat la o bară de abur viu de 7,85 bar de la CT sau CET, ce alimentează incinta industrială. Din acest distribuitor se alimentează o turbină cu abur de joasă presiune în condensație cu un debit constant de abur la 7,85 bar și 350°C, corespunzînd recuperării a maximum 30% din puterea termică instalată a cuptoarelor. Surplusul de abur produs de instalație la regimul maxim de funcționare al cuptoarelor, corespunzător puterii termice instalate, este debitat în bara de abur viu.

Pentru menținerea temperaturii de 350°C s-a prevăzut răcirea aburului, în cazul depășirii acestei valori, prin injecție cu apă demineralizată cu temperatura 105°C din degazorul atmosferic, injecție ce se face cu ajutorul unei stații de răcire prevăzută cu o buclă de reglare automată a temperaturii.

Dacă se urmărește exclusiv producerea de energie electrică, turbina se dimensionează pentru destinderea aburului de la 7,85 bar la 0,049 bar. În acest caz, condensatorul se alimentează cu apă de răcire de la turnurile de răcire. Dacă se urmărește și producerea de energie termică, simultan cu energia electrică, turbina se dimensionează pentru destinderea aburului de la 7,85 bar la 0,29 bar. Ridicînd presiunea în condensator la această valoare se poate extrage căldura din condensator, obținîndu-se apă caldă la 60°C. Această variantă este echivalentă, din acest punct de vedere, cu soluția cu turbină cu aer prezentată la pct. 2.

În figura 7 este reprezentată în diagrama $i-s$ destinderea în turbină, corespunzător celor două situații luate în considerație.

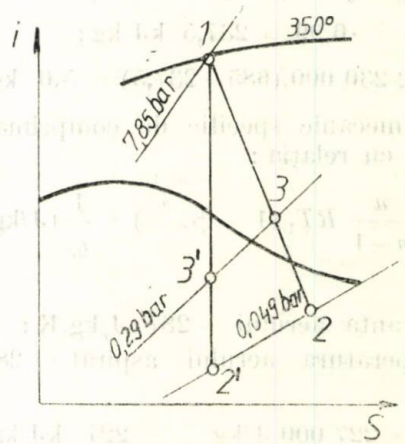


Fig. 7. Diagrama $i-s$ pentru destinderea aburului în turbina cu abur.

Pentru aceeași cantitate de căldură reziduală recuperată $Q_r = 2\,230\,000$ W ca în varianta cu turbină cu aer și la parametrii inițiali și finali stabiliți mai sus, pentru abur se determină cantitățile de energie electrică, termică,

randamentele efective ce se pot obține considerînd randamentul intern al turbinei $\eta_i = 0{,}8$.

Puterea electrică se determină cu relația:

$$P = D_{ab} \cdot l_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_t \text{ (kW)},$$

în care:

D_{ab} este debitul de abur (kg/s):

$D_{ab} = Q_r/(i_1 - i_a)$ (kg/s);

i_1 — 3160 kJ/kg (entalpia aburului la 7,85 bar și 350°C din diagrama $i-s$);

i_a = 83,8 kJ/kg (entalpia apei de alimentare la $t_a = 20°C$);

$D_{ab} = 2\,230\,000/(3160-83{,}8).10^3 = 0{,}725$ kg/s;

$l_i = i_1 - i_3 = (i_1 - i_{3'}) \cdot \eta_g$ (kJ/kg);

i'_3 = 2505 kJ/kg (din diagrama i—s pentru $p_3 = 0{,}29$ bar);

$l_i = (3160 - 2505) \cdot 0{,}8 = 524$ kJ/kg;

η_m = randamentul mecanic = 0,96;

η_g = randamentul generatorului electric = 0,9;

η_t = randamentul transformatorului electric = 0,95.

Rezultă:

$$P = 0{,}725 \cdot 524 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}95 = 330 \text{ kW}.$$

Energia termică obținută la condensator pentru destinderea pînă la 0,29 bar:

$$Q'_r = D_{ab}(i_3 - i'_a) \cdot \eta_{cd}, \text{ (W)}$$

unde:

$i_a = 287{,}1$ kJ/kg (entalpia apei pe curba de saturație la $p_3 = 0{,}29$ bar);

η_{cd} = randamentul condensatorului = 0,99;

$i_3 = i_1 - l = 3160 - 524 = 2636$ kJ/kg.

Rezultă:

$Q'_r = 0{,}725\,(2636 - 287{,}1).\,0{,}99 = 1\,690\,000$ W;

Randamentul efectiv în cazul producerii simultane de energie electrică și termică. Se calculează cu relația:

$$\eta_{ef} = (P + Q'_r)/Q_r = (330\,00 +$$

$$+ 1\,690\,0002/2\,230\,000 = 0{,}905.$$

Randamentul producerii energiei electrice (exclusiv serviciile interne).

$$\eta_{el} = P/Q_r = 330\,000/2\,230\,000 = 0{,}148.$$

Puterea electrică obținută în situația destinderii pînă la 0,049 bar (fără recuperarea căldurii din condensator) se calculează cu: $l_i = i_1 - i_2(i_1 - i_2) \cdot \eta_i$, în care $i_{2'} = 2.260$ kJ/kg (din diagrama $i-s$ la $p_2 = 0{,}049$ bar.

Rezultă $P = 452$ kW, randamentul efectiv $\eta_{ef} = 0{,}203$.

3. Instalații recuperatoare în ciclu binar abur saturat — freon. Analiza termodinamică a soluției

În figurile 8 și 9 este prezentată soluția tehnică pentru instalația recuperatoare în ciclu binar abur saturat — freon, care utilizează ca agent primar aburul saturat de 7,85 bar produs de un cazan cu circulație forțată multiplă, similar cu cel din varianta cu turbină

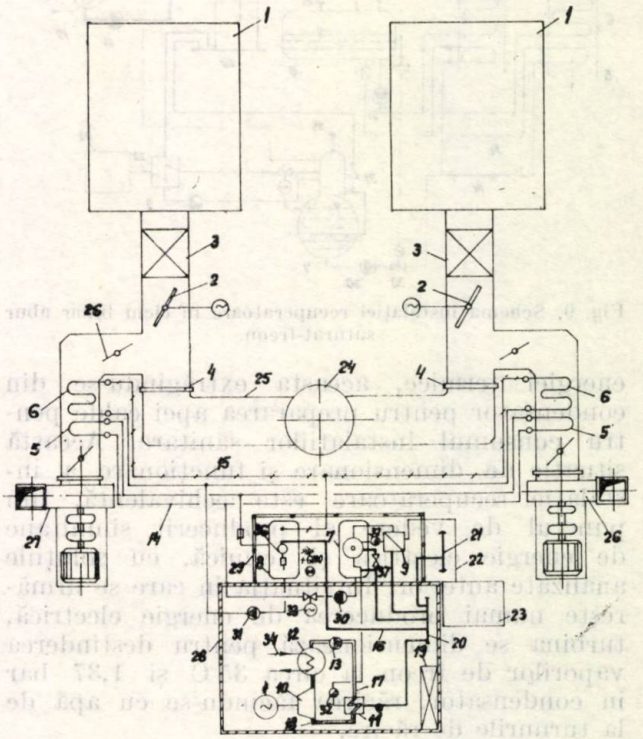


Fig. 8. Schița plan-amplasare a instalației recuperatoare în ciclu binar abur saturat-freon: 1 — cuptor de forjă; 2 — registru-rotativ pentru reglarea presiunii în cuptor; 3 — recuperator primar; 4 — registru-ghilotină; 5 — economizor; 6 — vaporizator; 7 — degazor 1,2 ata; 8 — tambur separator de abur; 9 — preîncălzitor apă alimentare; 10 — grup turbogenerator cu freon; 11 — vaporizator de freon; 12 — condensator de freon; 13 — pompă de consensat de freon 14 — conductă de apă; 15 — conductă emulsie apă-abur; 16 — conductă de abur; 17 — conductă de freon condensat; 18 — conductă de vapori de freon; 19 — tablou AMCR; 20 — distribuitor de abur; 21 — conductă de abur de la CT sau CET; 22 — conductă apă alimentare; 23 — stație de tratare a apei; 24 — coș de fum; 25 — canale de fum; 26 — registru-rotativ; 27 — exhaustor; 28 — construcție; 29 — platformă cota + 6000; 30 — pompă apă alimentare; 31 — pompă circulație forțată multiplă; 32 — oală de condensat; 33 — ventil electric de reglare; 34 — apă de răcire; 35 — conductă degazare; 36 — supapă de siguranță; 37 — reductor de presiune.

de abur, dar fără supraîncălzitoare. Aburul saturat este folosit pentru vaporizarea freonului R11, ai cărui vapori reprezintă agentul termic din ciclul turbinei cu freon. S-a ales freonul R11, un produs halogenat al metanului (Cl_3FC) cunoscut din tehnica frigului, deoarece este unul din agenții termici cei mai buni pentru acest scop. În figura 10 este reprezentată, în diagrana $i - s$, destinderea vaporilor de freon în turbină. Vaporizarea freonului se face într-un vaporizator, cu ajutorul aburului

saturat de 7,85 bar, care produce vapori de freon la 130°C și 14,7 bar. În turbina cu freon, aceștia se destind pînă la 65°C și 3,63 bar, în situația în care se urmărește și producerea

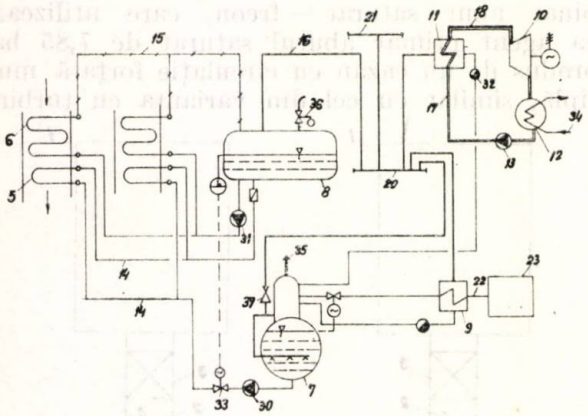


Fig. 9. Schema instalației recuperatoare în ciclu binar abur saturat-freon.

energiei termice, aceasta extrăgîndu-se din condensator pentru prepararea apei calde pentru consumul instalațiilor sanitare. Această situație de dimensionare și funcționare a instalației recuperatoare este echivalentă, din punctul de vedere al producerii simultane de energie electrică și termică, cu soluțiile analizate anterior. În situația în care se urmărește numai producerea de energie electrică, turbina se dimensionează pentru destinderea vaporilor de freon la circa 35°C și 1,37 bar în condensator, răcirea făcîndu-se cu apă de la turnurile de răcire.

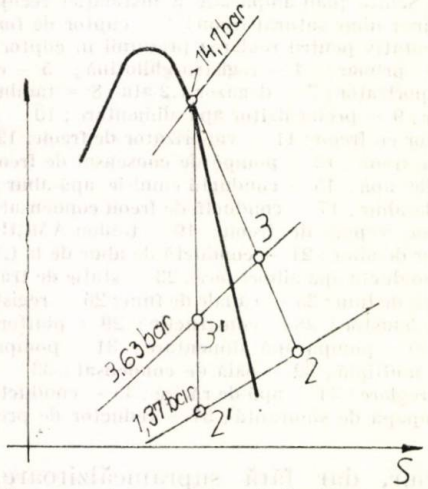


Fig. 10. Diagrama $i - s$ pentru destinderea vaporilor de freon 11 în turbina cu freon.

Pentru instalațiile recuperatoare în ciclu binar abur saturat — freon, suprafețele de transfer termic, respectiv economizoarele și vaporizatoarele pentru producerea aburului saturat se amplasează, de asemenea, individual pe cuptoare, imediat după recuperatoarele primare, fiind dimensionate la puterea termică instalată a cuptoarelor. Aburul saturat produs este debitat din tamburul separator pe un distribuitor din care se utilizează numai 30% pentru producerea energiei electrice, adică debitul de abur ce poate fi produs în permanență de cuptoare în regimul minim de funcționare. Surplusul de abur la variațiile de sarcină ale cuptoarelor poate fi folosit ca abur tehnologic sau pentru încălzire și prepararea apei calde pentru consumul instalațiilor sanitare. Grupul turbogenerator se realizează în construcție capsulată, turbina cu freon fiind o mașină mai simplă și neancombrantă, comparativ cu turbina cu abur.

O astfel de turbină cu freon funcționează la centrala solară din cadrul ICEMENERG, dar avînd o putere electrică redusă (30 kW). Este necesar a se realiza turbine cu puteri mai mari pentru instalațiile recuperatoare propuse.

Se prezintă mai jos analiza termodinamică a soluției în situația producerii simultane de energie electrică și termică, precum și în situația producerii numai de energie electrică.

Puterea electrică se determină cu relația:

$$P = D_F \cdot l_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_t \text{ (kW)},$$

în care:

D_F reprezintă debitul vaporilor de freon (kg/s):

$$D_F = Q_r/(i_1 - i'_F) \text{ (kg/s)};$$

i_1 = 667 kJ/kg (entalpia vaporilor saturați de freon la 14,7 bar și 130°C); i'_F = = 474 kJ/kg (entalpia condensatului de freon la presiunea 3,63 bar). Rezultă:

$$D_F = 11{,}54 \text{ kg/s};$$

$i_i = (i_1 - i_{3'}) \cdot \eta_i = (667 - 640) \cdot 0{,}85 = 23$ kJ/kg.

$i_{3'}$ = 640 kJ/kg (din diagrama $i-s$ pentru 65° și 3,63 bar);

η_i = randamentul intern al turbinei = 0,85;

η_m — randamentul mecanic = 0,96;

η_g = randamentul generatorului electric = 0,95;

η_t = randamentul transformatorului electric = 0,95.

Rezultă:

$$P = 11{,}54 \cdot 23 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}95 = 231 \text{ kW}.$$

Energia termică obținută la condensator:

$$Q'_r = D_F(i_3 - i'_F) \cdot \eta_{cd} \text{ (W)},$$

în care:

η_{cd} reprezintă randamentul condensatorului = 0,99;

$i_3 = i_1 - l_i = 667 - 23 = 644$ kJ/kg.

Rezultă Q'_r = 1910000 W.

Randamentul efectiv în cazul producerii simultane de energie electrică și termică:

$\eta_{ef} = (P + Q'_r)/Q_r = (231\,000 + 1\,910\,000)/2230000 = 0{,}96$.

Randamentul producerii energiei electrice (exclusiv serviciile interne): $\eta_{el} = P/Q_r = 231000/2230000 = 0{,}1035$.

Puterea electrică obținută în situația destinderii pînă la 35° și 1,37 bar (fără recupe-

rarea căldurii din condensator) se calculează cu relația :

$l_i = (i_1 - i_{2'}) \cdot \eta_i = (667 - 625) \cdot 0{,}85 = 35{,}7$

în care :

$i_{2'} = 625$ kJ/kg (din diagrama $i-s$ pentru $P_2 = 1{,}37$ bar);

$i'_F = 446$ kJ/kg;

$D_F = 10{,}15$ kg/s.

Rezultă $P=315$ kW și randamentul efectiv al instalației (fără serviciile interne) $\eta_{ef} = 0{,}141$.

4. Concluzii

Ca o caracteristică a celor trei soluții analizate este faptul că aceste instalații recuperatoare energetice sînt complexe, îndeosebi cele cu turbină cu aer și cu turbină cu abur. Randamentul cel mai ridicat al producerii energiei electrice (exclusiv serviciile interne) îl prezintă instalațiile cu turbină cu abur, circa 0,20 față de 0,17 la cele cu turbină cu aer și 0,14 la cele în ciclu binar abur saturat — freon. Dacă se produce simultan energie electrică și termică se diminuează randamentul producerii energiei electrice la circa 0,14 și respectiv 0,10, iar randamentul efectiv al acestor instalații depășește 0,90, spre deosebire de instalațiile cu turbină cu aer la care randamentul efectiv este limitat la circa 0,40.

Avînd în vedere randamentele scăzute pe care le prezintă instalațiile cu turbine cu aer și faptul că necesită materiale rezistente la temperaturi ridicate, majorînd costurile lor, aceste instalații nu se recomandă a se aplica în practică. Aplicarea acestor instalații în practică nu este recomandabilă nici din punctul de vedere al realizării suprafețelor de transfer termic în două trepte, care ridică probleme dificile privind integrarea lor în gazodinamica cuptoarelor. Față de instalațiile cu turbină cu abur, cele în ciclu binar abur saturat — freon sînt mai simple, dar prezintă dezavantaje, cum ar fi : randament mai scăzut, consum electric mare pentru serviciile interne.

Instalațiile cu turbine cu abur prezintă însă dezavantajul că sînt mai complexe, necesitînd instalații de demineralizare a apei. Suprafețele de transfer termic fiind dimensionate numai la 30% din puterea termică instalată a cuptoarelor, aceasta duce la apariția supratemperaturilor în circuitul de abur și la necesitatea unei instalații de răcire a aburului.

Pentru cuptoarele mari se pot aplica soluțiile cu turbină cu abur sau cu freon R11, prevăzîndu-se grupuri turbogeneratoare, individual pentru fiecare cuptor sau mai multe cuptoare, care au o funcționare continuă. Avînd în vedere că la aceste instalații recuperatoare partea producătoare de energie electrică este legată în paralel, ele prezintă elasticitate în exploatare, în sensul că se pot acoperi la nevoie cantități de energie termică, renunțîndu-se la producerea de energie electrică sau invers.

În ce măsură să se producă numai energie electrică sau combinat și simultan energie electrică și termică, aceasta urmează a se stabili funcție de bilanțurile termic și electroenergetic ale incintelor industriale unde se pot realiza astfel de instalații.

Bibliografie

[1] Ungureanu, C. *Generatoare de abur pentru instalații energetice clasice și nucleare.* Ed. didactică și pedagogică, 1977.

[2] Nerescu, I., Constantinescu, P. *Probleme de aparate, mașini și instalații termice.* Ed. tehnică, 1965.

[3] Zaharescu, I. *Soluții tehnice pentru recuperarea căldurii din gazele de ardere de la cuptoarele de forjă și tratamente termice din secțiile calde.* In: Construcții, nr. 8/82,

[4] Zaharescu, I. *Recuperarea căldurii din gazele de ardere de la cuptoarele industriale în direcția electroenergetică și combinată.* În: Construcții, nr. 3/83,

(Primit 11 ianuarie 1984, acceptat 7 mai 1984)

Reducerea consumurilor specifice și tehnologice de combustibili și energie electrică în centralele și rețelele electrice

Comportarea la solicitări cu impuls a lanțurilor de izolatoare alcătuite din izolatoare de sticlă capă-tijă

Ing. Radu Enache, dr. ing. Sorin Coatu*

The Behaviour of Cap-Rod Glass Insulator Chains During Impulse Stresses

(Condensed from the paper in Romanian)

The paper characterizes subsequent to laboratory experiments the behaviour during impulse stresses of the cap-rod glass insulator chains made in Romania.

To this purpose, two aspects of the problem are surveyed, i.e.:

— to supply the design and operation departments with the necessary electrical characteristics for a precise dimensioning and a corresponding operation of such insulation chains and

* Ing. Radu Enache — ICEMENERG, dr. ing. Sorin Coatu — I.P.B.

— to check the calculation predetermination manner of the impulse characteristics for different types of chains.

The test conditions have been intended to reproduce the exploitation circumstances if possible, i.e.; the modelling on a scale 1 : 1 of the real insulation configuration and the suitable setting up of the test space.

The paper presents the impulse characteristics determination the parameters considered which influence the discharging conditions, the environmental conditions.

The tests results have been processed statistically by a program based on the maximum likelihood method and their examination has enabled the drawing of generally valid conclusions regarding the behaviour during impulse stresses of insulator chains and particular conclusions referring to the insulator type (glass, cap-rod), the basic component of the chain.

A methodology for the predetermination by calculation of the switching impulse behaviour of insulator chains with a given, well-defined configuration has been tested as well.

Introducere

Alegerea nivelului de izolaţie a liniilor electrice aeriene reprezintă o etapă importantă în ansamblul coordonării izolaţiei sistemelor electrice, avînd în vedere solicitările extrem de variate (electrice şi mecanice) cu care sînt confruntate acestea, precum şi ponderea lor în sistemul energetic naţional.

Modul de alegere a izolaţiei liniei, care constă din lanţuri de izolatoare şi distanţe de izolare în aer, are un caracter specific, relativ la condiţiile fiecărui sistem naţional, dacă se are în vedere soluţia adoptată pentru stîlpi şi configuraţia fazei liniei, tipul izolatoarelor şi al lanţului, împreună cu accesoriile sale, cleme şi armături.

Stabilirea unor limite de siguranţă în dimensionarea acestei izolaţii, pentru a avea un anumit risc de avariere, implică obţinerea unui optim sub aspect tehnico-economic. Sub aspect practic, aceasta presupune cunoaşterea foarte precisă a unor date şi neglijarea altora, a căror importanţă se dovedeşte a fineesenţială.

Realizarea coordonării corecte a izolaţiei electrice necesită cunoaşterea a două categorii de date :

a. Date provenite din încercările de laborator, referitoare la :

— tensiunea de descărcare pentru fiecare tip de izolaţie, definită prin relaţia dintre probabilitatea de descărcare faţă de solicitarea aplicată;

— dependenţa tensiunii de descărcare de diferiţi parametri variabili, constînd din forma undei aplicate, starea izolaţiei, condiţii atmosferice, influenţe înconjurătoare etc.

b. Date provenite din reţea, referitoare la :

— distribuţia statistică a solicitărilor de supratensiune sau de altă natură rezultate din sistem ;

— numărul şi tipul izolaţiilor din reţeaua considerată ;

— distribuţiile statistice ale parametrilor, care afectează ţinerea izolaţiei (condiţii atmosferice, poluare etc.) şi corelarea lor cu probabilitatea de apariţie a solicitărilor de supratensiune de un anumit tip.

Obiectul lucrării de faţă este de a caracteriza, prin rezultate de laborator, comportarea la solicitări cu impuls a lanţurilor de izolatoare alcătuite din izolatoare de sticlă tip capă-tijă, de fabricaţie românească.

În acest sens lucrarea urmăreşte două scopuri, şi anume :

— să furnizeze proiectării şi exploatării caracteristicile electrice necesare în vederea unei dimensionări riguroase şi exploatări corespunzătoare a acestei izolaţii ;

— să examineze modalitatea de predeterminare prin calcul a acestor caracteristici de impuls, analizînd precizia evaluărilor efectuate.

1. Condiţiile de realizare a experimentărilor

Obiectul de încercare fiind reprezentat de lanţul de izolatoare, s-a ales ca structură de încercare o configuraţie tipică din exploatare, şi anume : suprafaţă laterală de stîlp, consolă, lanţ vertical de susţinere şi model de linie (fig. 1). În acest fel s-a efectuat o reprezentare parţială, la scara 1 : 1, a configuraţiei din exploatare, care exprimă cel mai bine comportarea lanţului de izolatoare, ţinînd cont de faptul că distanţa minimă de izolare faţă de pămînt a liniei se realizează de-a lungul acestuia.

Prin amenajarea spaţiului de experimentare s-a căutat să se elimine influenţele produse de obiectele din jur, asigurîndu-se distanţe corespunzătoare faţă de ecran, plafon şi pardoseală (cel puţin 1,5 h pentru obiectele puse la pămînt şi 1,5 d faţă de obiectele sub tensiune).

De asemenea, pentru reducerea efectului de margine, ce constă din descărcări incomplete, şi uniformizarea repartiţiei potenţialului s-a construit modelul de linie dotat cu inele de uniformizare a cîmpului, dimensionate corespunzător. În acelaşi scop s-au efectuat conexiunile la înaltă tensiune, prin intermediul unei folii de cupru de 350 mm lăţime şi a unui tub flexibil de aluminiu cu diametrul de 250 mm.

Deşi în această lucrare nu se examinează decît solicitările cu impuls de tensiune a lanţurilor de izolatoare, în tabelul 1 se prezintă un inventar al tuturor încercărilor efectuate, pentru a se realiza imaginea completă a investigaţiei desfăşurate.

Toate încercările cu impuls de tensiune s-au efectuat ţinînd cont de condiţiile atmosferice, făcîndu-se asupra rezultatelor corecţii corespunzătoare condiţiilor atmosferice normalizate, conform standardului în vigoare (STAS 6669/1—77). La realizarea încercărilor sub ploaie artificială s-au respectat condiţiile stan-

dardului precedent, fără a se efectua corecții de condiții atmosferice. Pentru determinarea funcției de distribuție a tensiunii de conturnare a lanțului s-a folosit metoda treptelor multiple, cu următoarele precizări :

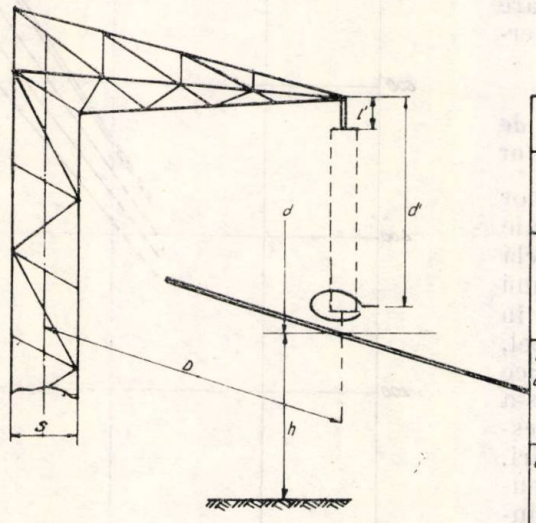
— numărul de impulsuri aplicate pe fiecare treaptă a fost în majoritatea cazurilor de 15 sau 20. Pentru determinarea unor puncte ale funcției de distribuție, numărul de impulsuri aplicate a fost de 40 ;

— intervalul de timp între două impulsuri succesive a fost, în general, de 60 s, iar în unele situații de 1000;

— datorită existenței unor funcții de distribuție a probabilității de conturnare, $P(U)$, caracterizate prin abateri medii pătratice foarte mici, în multe cazuri diferența dintre treptele de tensiune succesive a fost mult mai mică decît cea indicată în standard (3—5 %), ajungînd pînă la 0,5 % ;

— în cazurile în care a existat certitudinea producerii amorsărilor pe spatele undei de impuls de tensiune (la solicitările cu impuls de tensiune de trăsnet ITT) s-a luat drept valoare a tensiunii de încercare media valorilor înregistrate pentru toate impulsurile aplicate la o treaptă de tensiune. În celelalte cazuri (la solicitările cu impuls de tensiune de comutație ITC) s-a considerat media valorilor „ținerilor".

Prelucrarea datelor experimentale s-a făcut în sensul determinării parametrilor statistici ai funcției de distribuție a probabilității tensiunilor de conturnare (în ipoteza că acestea respectă o distribuție normală) și al determinării diagramei de dependență a tensiunii de



Tipul izolatoarelor		d(d') (m)	D (m)	h (m)	S (m)	l' (m)
CTS 60-1	7	1,00				
	9	1,26	3,00	3,00	1,10	0,210
	11	1,32				
CTS 120-2p	7	1,09				
	9	1,38				
	11	1,68	3,00	3,00	1,10	0,215
	13	1,97				
CTS 120-1	11	1,68				
CTS 120-2p	13	1,97				
	15	2,26	5,00	5,00	1,68	0,215
	17	2,55				
CTS 160-1	12	2,11				
	14	2,45	5,00	5,00	1,68	0,215
	16	2,79				
CTS 160-1	17	3,16				
	19	3,5				
	21	3,84	6,03	12,00	1,05	0,440
	23	4,18				

Fig. 1.

Tabelul 1

Nr. crt.	Tipul solicitării	Polaritate	Tipuri de lanțuri încercate						Starea lanțului	Observații
			110 kV		220 kV		400 kV			
			tip lanț	nr. izolatoare	tip lanț	nr. izolatoare	tip lanț	nr. izolatoare		
1.	Tensiune de frecvență industrială		CTS 60-1	9, 2×9	CTS 120-1	13, 2×13 15, 2×15			poluate ceață-salină	diferite salinități
			CTS 120-2p	9, 2×9 11, 2×11	CTS 160-1	14, 2×14				
2.	Impuls de tensiune de trăsnet ITT 1,2/50 μs	+, −	CTS 60-1 si CTS 120-2p	7, 9, 11 2×7, 2×9, 2×11	CTS 120-1	11, 13, 15, 17 2×11, 2×13, 2×15, 2×17	CTS 160-1	2×19, 2×21, 2×23	uscată	cu și fără armături
					CTS 120-2p	11, 13, 15, 17 2×11, 2×13, 2×15, 2×17				
					CTS 160-1	12, 14, 16 2×12, 2×14, 2×16				
3.	Impuls de tensiune de comutație ITC 50/1000, 80/2500 250/2500, 1000/10000	+, −	CTS 60-1	7, 9, 11 2×7, 2×9, 2×11	CTS 120-1	11, 13, 15, 17 2×11, 2×13, 2×15, 2×17	CTS 160-1	2×17, 2×19, 2×21	- uscată - ploaie artificială - poluat ceață salină	lanțurile de 400 kV solicitate la 3 forme de ITC - poluare ceață salină numai pentru lanțuri 110-220 kV
			CTS 120-2p	7, 9, 11, 13	CTS 120-2p	11, 13, 15, 17 2×11, 2×13, 2×15, 2×17				
					CTS 160-1	12, 14, 16 2×12, 2×14, 2×16				

50 % conturnări de distanța de izolare (lungimea lanțului) cu ajutorul unui program de calcul bazat pe metoda maximului de verosimilitate și metoda celor mai mici pătrate.

A fost determinată, pe lîngă parametrii statistici (valoare medie și abatere medie pătratică) ai distribuției, și o serie de alte mărimi statistice care stabilesc domeniile de încredere ale valorii tensiunii de conturnare 50 % și ale abaterii corespunzătoare unui interval de încredere de 95 %.

2. Caracteristicile de impuls ale lanțurilor de izolatoare rezultate din încercări de laborator

Rezultatele obținute în urma încercărilor din laborator, în stare uscată și sub ploaie artificială, a lanțurilor de izolatoare de sticlă de tip capă-tijă utilizate la LEA cu tensiuni nominale 110—400 kV, sînt prezentate în tabelul 2. În ultima coloană a acestui tabel, ținînd seama de abaterile medii pătratice determinate prin măsurătorile efectuate, s-a calculat tensiunea de ținere a lanțului, corespunzătoare unei probabilități de 2 % amorsări.

Diagramele din figurile 2—5 prezintă dependența tensiunilor de 50 % conturnări de lungimea lanțului complet echipat (respectiv de lungimea efectivă a spațiului de eclatare sau de numărul de izolatoare în lanț).

Examinarea rezultatelor măsurătorilor ne permite să tragem o serie de concluzii cu caracter general, privind comportarea lanțului de izolatoare la solicitările cu impuls de tensiune. Astfel, se constată că tensiunea de descărcare a lanțului pentru același tip de solicitare depinde de polaritatea impulsului și de starea suprafeței (uscată sau sub ploaie artificială). Solicitarea cu impuls pozitiv duce la niveluri de tensiune minimă, indiferent de starea suprafeței. Se constată că la solicitarea de tip IIC tensiunile de conturnare ale lanțurilor încercate cu impulsuri pozitiv și negativ sînt mai reduse cu cîteva procente sub ploaie artificială decît la încercarea uscată.

Comportarea lanțului dublu față de cel simplu la același tip de solicitare este în general mai slabă, tensiunile de descărcare fiind mai mici cu cîteva procente.

Din încercări prin sondaj s-a constatat că echiparea lanțului cu armături de protecție duce la o micșorare a nivelului de ținere a lanțului cu maximum 20 %.

Din examinarea rezultatelor privind comportarea lanțurilor tip CTS 120—1 și CTS 120—2p (pentru linii de 220 kV) au reieșit valori practic identice ale tensiunilor de descărcare pentru același tip de impuls aplicat. Aceasta ne permite să afirmăm că influența tipului de izolatoare aflat între eclatoarele unei anumite configurații asupra tensiunilor de descărcare este neglijabilă.

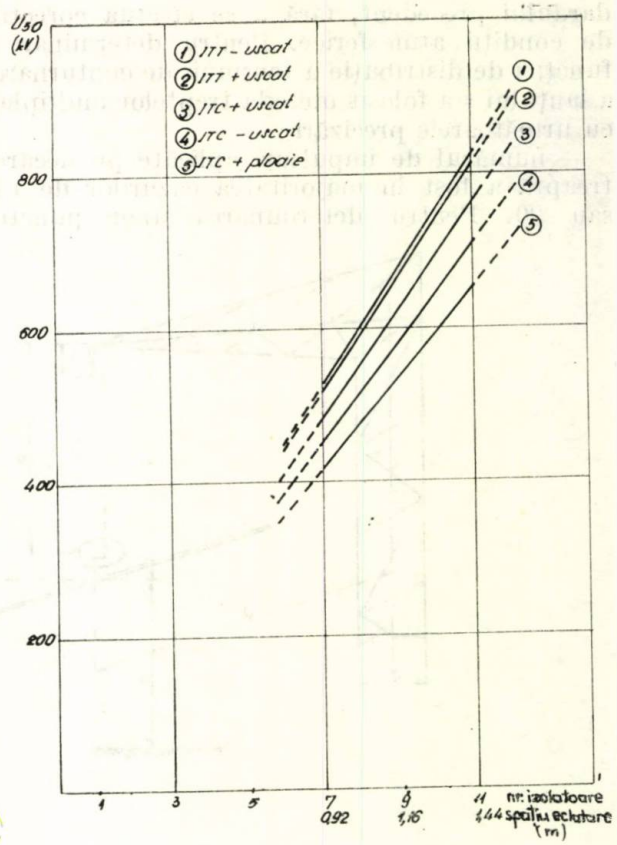


Fig. 2. Tensiunile de 50 % conturnări ale lanțului CTS 60—1 la solicitări ITT și ITC (configurație LEA 110 kV).

Se constată influența marcantă asupra tensiunilor de conturnare a corecțiilor datorate condițiilor atmosferice. În condiții de umiditate ridicată ($\geqslant$ 70 % umiditate relativă) tensiunile de 50 % conturnări scad în general.

Pentru lanțul de izolatoare de 400 kV alcătuit din izolatoare tip CTS 160—1, încercat cu mai multe tipuri de unde de impuls, fără să fi urmărit în mod deosebit timpul pînă la amorsare, s-a constatat că tensiunea minimă de 50 % conturnări corespunde solicitării cu ITC 50/1000 μs, care reprezintă tensiunea critică de impuls pentru lanțul de 2×19 elemente și practic critică pentru lanțul de 2×21 elemente.

Pentru lanțul de 2×23 elemente solicitarea critică ar apărea la un timp pînă la valoarea de vîrf de circa 100 μs și ar fi cu circa 4 % mai mică decît tensiunea de 50 % conturnări corespunzătoare solicitării cu ITC 250/2500 μs.

Abaterile medii pătratice pentru încercările uscate nu depășesc pentru ITT valoarea de 3 %, fiind în general mai mici de 1,5 %, iar pentru ITC nu depășesc valoarea de 6 %.

S-a constatat la încercarea cu impuls de tip ITC, că tensiunea de 50 % conturnări pentru un anumit lanț de izolatoare (CTS 160—1) depinde de configurația de încercare, adică de ansamblul model de stîlp, linie, lanț cu armături, înălțimea de suspendare a acestora.

Tabelul 2

Tensiunea nominală (kV)	Tip de izolator	Număr de elemente	Tensiunea de conturnare 50% (kV max)						$U_{50\%}$ calculată ITC uscat + (B)	$\delta = \frac{A-B}{A} 100$ %	U_{linere} 2% ITT, + uscat
			ITT uscat		ITC uscat		ITC ploaie				
			+	−	+ (A)	−	+	−			
110	CTS 60-1	1x7	466	533	445	524	421	516	521,3	−17,15*	445
		1x9	609	675	578	664	536	632	606,1	−4,86	582
		1x11	785	803	700,5	825	655	741	689,4	1,58	752
		2x7	447	508	436	505	416	504	—	—	430
		2x9	594	665	557	635	517	634	—	—	563
		2x11	729	789	662	752	592	723	—	—	722
	CTS 120-2p	1x7	475	561	464	547	442	510	550,4	−18,6*	429
		1x9	625	698	583	676	560	638	645,3	−10,7*	612
		1x11	789	856	712	832	709	817	743,5	−4,42	774
		1x13	941	995	843	988	798	971	826,3	+1,98	924
220	CTS 120-1	1x11	810	871	728	858	713	804	826,1	−13,47*	791
		1x13	975	1046	857	969	802	902	913,7	−6,53*	959
		1x15	1182	1213	970	1110	930	1096	981,1	−1,14	1146
		1x17	1305	1341	1062	1260	1005	1232	1060,1	+0,20	1299
		2x11	803	871	708	795	680	718	—	—	799
		2x13	966	1011	811	952	716	771	—	—	962
		2x15	1143	1235	924	1097	876	972	—	—	1122
		2x17	1314	1399	1021	1220	953	1193	—	—	1293
	CTS 120-2p	1x11	797	873	722	832	710	813	826,1	−14,42*	771
		1x13	947	1011	835	950	790	910	917,7	−9,43*	931
		1x15	1164	1185	985	1097	864	1086	981,1	+0,40	1141
		1x17	1281	1342	1094	1246	998	1240	1060,1	+3,1	1215
		2x11	783	866	716	782	697	804	—	—	768
		2x13	931	1018	798	942	729	893	—	—	923
		2x15	1082	1166	907	1079	896	1038	—	—	1135
		2x17	1275	1372	1078	1228	983	1202	—	—	1217
	CTS 160-1	1x12	1078	1145	873	1030	782	936	950,1	−8,9*	1063
		1x14	1318	1339	983	1215	885	1129	1036,3	−5,4	1304
		1x16	1413	1509	1113	1413	990	1284	1116,5	−0,3	1394
		2x12	1091	1125	857	1025	768	877	—	—	1037
		2x14	1281	1389	969	1203	922	1077	—	—	1232
		2x16	1460	1481	1077	1358	1028	1112	—	—	1440
400	CTS 160-1	2x17			1271		1178	1193	1261,2	0,7	
		2x19	1726	1793	1356	1648	1224	1325	1334,8	1,56	1681
		2x21	1968	1981	1460	1838	1393		1414,5	3,1	1946
		2x23	2120	—	—	—	—	—	1481,9	—	2091

* valori neluate în considerare deoarece raportul $\Delta/d > 2$

$\bar{E} = -0,27 \pm 2,91\%$

În consecință se poate afirma că tensiunea de descărcare la ITC este dependentă de factorul de configurație.

O serie de rezultate din literatura de specialitate [1, 2] arată că forma electrozilor (într-o configurație fără izolatoare) se dovedește a avea asupra tensiunii de descărcare la ITT o mai mică importanță, în comparație cu ITC.

S-a stabilit, de asemenea, că la solicitarea cu impuls de tip ITC tensiunea de descărcare a unei configurații este produsul dintre un factor de formă a configurației și tensiunea de descărcare a intervalului vîrf-placă, cu aceeași distanță între electrozi.

Această constatare nu este valabilă pentru impulsul negativ ITC și nici pentru impulsul de tip ITT de ambele polarități.

S-a observat că, cel puțin la solicitarea cu impuls de comutație, introducerea de elemente izolante între electrozii configurației modifică foarte puțin tensiunile de descărcare. La solicitarea cu impuls de trăsnet această modificare este mai accentuată prin introducerea de izolatoare, vădind o tendință de saturare a caracteristicii $U_{50} = f(d)$, care nu este remarcată la lanțurile de izolatoare încercate, datorită faptului că lungimea maximă a acestora nu depășește 5 m (3,83 m spațiu efectiv de eclatare) la lanțul de 400 kV, dar care ar putea apărea la lanțul de susținere de 750 kV a cărui lungime va fi de 8 m.

3. Predeterminarea prin calcul a caracteristicii de impuls a lanțului de izolatoare, solicitat cu impuls de tensiune de comutație

Dependența menționată în paragraful precedent, prin intermediul factorului de interval, între tensiunea de descărcare la solicitarea de tip ITC, pentru o anumită configurație, și tensiunea de descărcare a intervalului vîrf-placă de aceeași lungime, precum și constatarea că influența asupra tensiunii de descărcare a introducerii unui lanț de izolatoare între electrozii configurației este extrem de mică, sugerează posibilitatea predeterminării prin calcul a tensiunii de conturnare a lanțului solicitat cu ITC.

Sistematica aplicare a modelelor matematice de descărcare, interpolarea și extrapolarea rezultatelor experimentale în scopul luării în considerare în formulele de calcul al tuturor

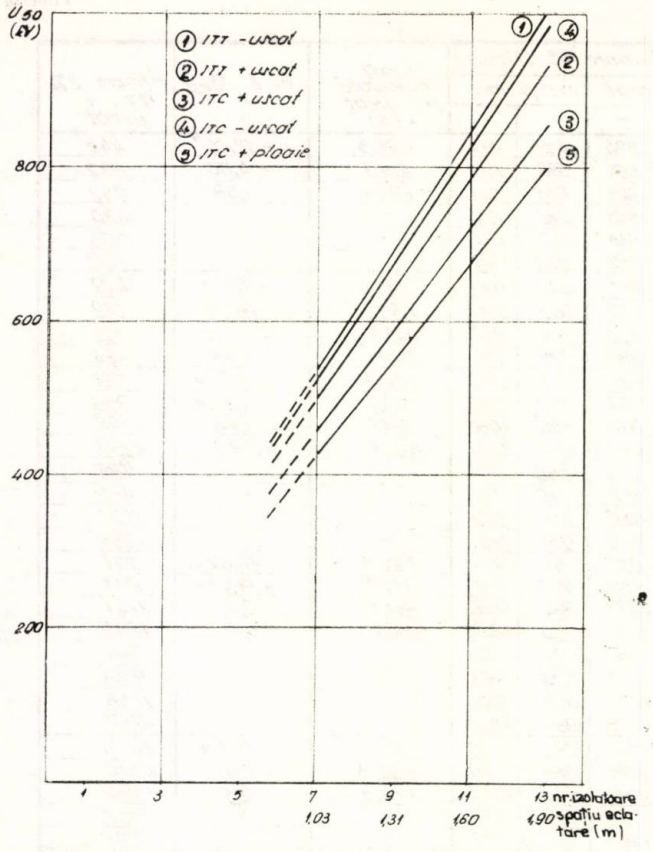


Fig. 3. Tensiunile de 50% conturnări ale lanțului CTS120-2p la solicitări ITT și ITC (configurație LEA 110 kV).

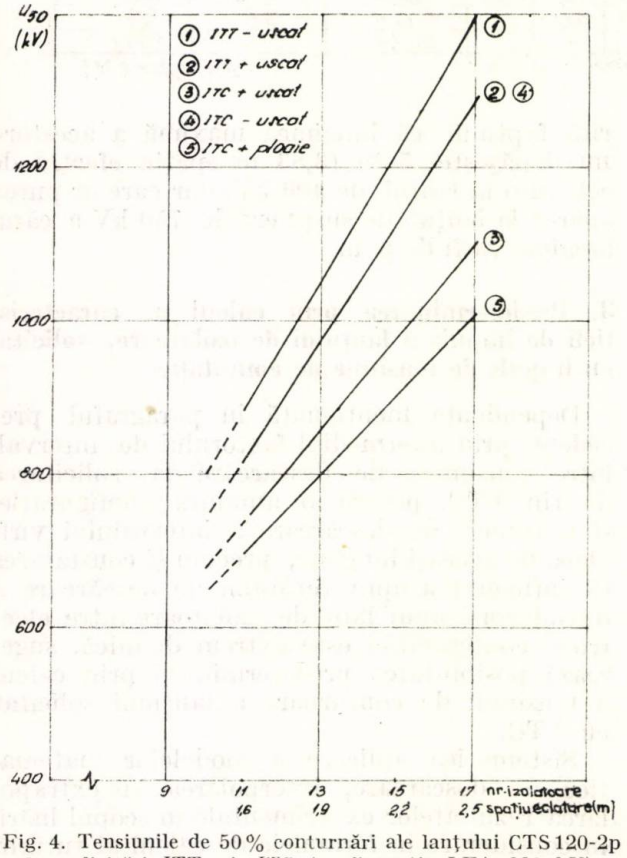


Fig. 4. Tensiunile de 50% conturnări ale lanțului CTS120-2p la solicitări ITT și ITC (configurație LEA 220 kV).

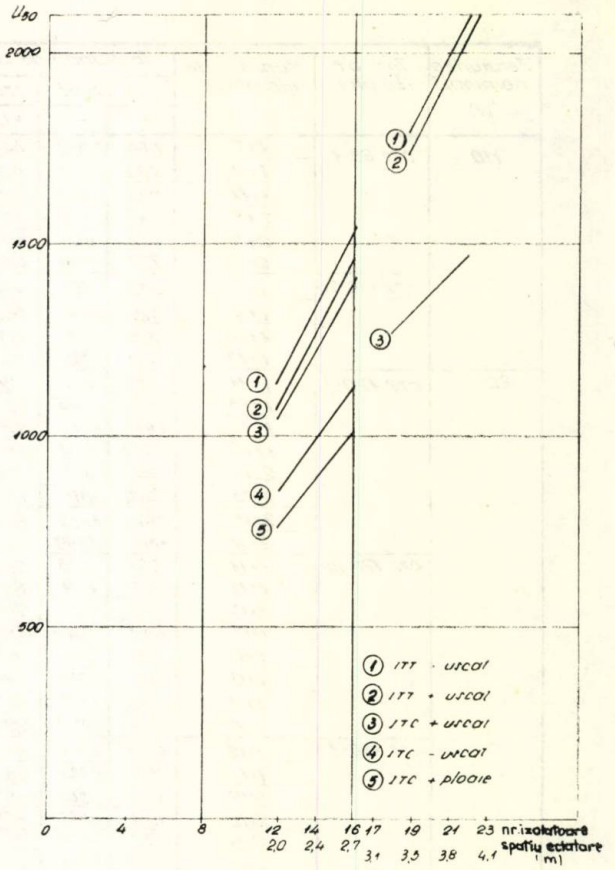


Fig. 5. Tensiunile 50% conturnări ale lanțului CTS 160—1 (configurație LEA 220 și 400 kV) la solicitări ITT și ITC.

parametrilor care influențează descărcarea (geometrici, electrici etc.) a permis stabilirea unor formule de calcul al factorului de interval pentru o serie de configurații considerate tip în instalațiile electrice [3]: consolă-conductor, conductor-structură, conductor-fereastră, stîlp-vîrf-vîrf.

Tensiunea de descărcare a izolației solicitată cu impuls ITC depinde de o serie de factori, care pot fi grupați în mai multe categorii:

— parametri geometrici principali, cum ar fi: electrodul de înaltă tensiune, spațiul minim dintre electrozi, distanța față de alte structuri, înălțimea deasupra solului etc., parametri care determină distribuția de potențial și cîmp în spațiul de descărcare;

— parametri geometrici secundari, cum ar fi: armături de înaltă tensiune, prezența lanțului de izolatoare etc., care introduc o modificare minoră a cîmpului în spațiul de descărcare și de a căror influență se poate ține seama prin corecții ale tensiunii de descărcare calculată pe baza parametrilor geometrici principali;

— parametri electrici, și anume: forma și tensiunea aplicată;

— condiții atmosferice: presiune, temperatură, ploaie, poluare etc., care se introduc prin corecții corespunzătoare.

Predeterminarea prin calcul a tensiunii de descărcare a izolației unei configurații cum este cea din figura 1, solicitate cu impuls de tip ITC, pentru condiții normalizate, se realizează multiplicînd tensiunea de 50% conturnări a unui interval vîrf-placă de aceeași lungime d:

$$U_{50} = \frac{3400}{1 + \frac{8}{d}} \qquad (4)$$

cu un factor de interval calculat pentru configurația amintită, cu expresia de mai jos:

$$k = 1{,}45 + 0{,}015\left(\frac{H}{d} - 6\right) + 0{,}35\ (e^{-8\frac{b}{d}} - 0{,}2) + 0{,}135\left(\frac{D}{d} - 1{,}5\right),$$

în condițiile: $d = 2 \div 10$ m, $\frac{D}{d} = 1 \div 2$, $\frac{b}{d} = 0{,}1 \div 0{,}8$, $\frac{H}{d} = 2 \div 10$.

Luarea în considerare a celorlalți parametri se face prin intermediul unor corecții exprimate printr-o serie de relații, după cum urmează:

A) influența prezenței armăturilor de înaltă tensiune (armăturile de protecție, jug etc.), care modifică distribuția de cîmp a conductorului de înaltă tensiune și reduce spațiul între părțile de înaltă tensiune și cele la pămînt, este luată în considerare prin calcularea factorului de interval k pentru $d' < d$;

B) prezența unui vîrf legat la pămînt este neglijabilă în configurațiile de lanțuri de izolatoare în V, spre deosebire de cazul lanțului de suspensie normal al cărui factor de interval se modifică ușor, corespunzător expresiei:

$$k = h_{l'=0} - 0{,}4\ l'/d, \text{ pentru } l'/d \leqslant 0{,}2;$$

C) prezența lanțului de izolatoare în spațiul dintre electrozii configurației duce la o distorsiune a cîmpului electric, ceea ce determină o reducere a tensiunii de descărcare. Reducerea se poate materializa aproximativ pentru izolatoare uscate și curate în condițiile atmosferice normale, în următoarea relație:

$$k_i = (0{,}85 + 0{,}15\ l^{-(k-1)})k,$$

unde: k este factorul de interval fără izolatoare ($k = 1 \div 1{,}5$).

În aceste condiții, ținînd cont de configurația încercată și parametrii geometrici principali ai acesteia, s-au predeterminat prin calcul tensiunile de 50% conturnări pentru aceleași lanțuri încercate și s-au calculat erorile relative (vezi tabelul 2).

Se constată că abaterea medie pătratică a erorii nu depășește valoarea de 3% atunci cînd raportul D/d se păstrează în domeniul $1 \div 2$, valoarea medie a erorii putînd fi considerată zero.

4. Concluzii

1. Rezultatele încercărilor efectuate au permis stabilirea precisă a performanțelor la solicitări cu impuls a lanțurilor de izolatoare de sticlă de tip capă-tijă (de fabricație românească) pentru liniile electrice aeriene de 110—400 kV.

2. Tipul lanțului de izolatoare din configurația încercată are o foarte mică influență asupra structurii izolante, astfel că se poate considera că efectul introducerii unui lanț de izolatoare în configurația conductor-consolă nu depinde de tipul izolatorului din care este alcătuit lanțul.

3. S-a stabilit o relație între factorul de configurație și comportarea structurii izolante la impuls de tip ITC, polaritate pozitivă, utilă din punct de vedere practic, ținînd cont că una din solicitările luate în considerare la coordonarea izolației este aceasta.

În cazul solicitării cu impuls de tip ITT nu s-a reușit stabilirea unei astfel de relații pe baza factorului de configurație.

4. Tabelul 2 și diagramele din figurile 2—5 reprezintă un întreptar pentru proiectare și exploatare, al caracteristicilor de impuls la lanțurile de izolatoare de tip CTS.

Bibliografie

[1] Paris, L., Cortina, R. *Switching and Lightning Impulse Discharge Characteristics of Large Air Gaps and Long Insulator Strings.* In: IEEE Trans. PAS, vol. 87, nr. 4, 1968.

[2] *** Switching Impulse Performance of External Insulation in Natural Ambient Conditions, Results of an Interlaboratory, Cooperative Experimental Research by Tasle Force 33.06—01, Electra nr. 65.

[3] *** Accuracy of Risk of Failure Calculation and Sensitivity to Various Influencing Parameters. Rio de Janeiro Colloquinn Study Committee, nr. 33, 1981.

[4] Gallet, G., Leroy, G., Lacey, R., Kromer, J. General Expression for Pozitive Switching Impulse Strength Valid up to Extra Long Air Gaps. In: IEEE Trans. PAS, vol. 94, nr. 6, 1975.

(Primit la 4 ianuarie 1984, acceptat la 29 martie 1984)

Acţionări hidraulice pentru turbine cu abur

Ing. Ion Nicolau*

Introducere

Acţionările sistemului de reglare al turbinelor cu abur trebuie să îndeplinească simultan două cerinţe: pe de o parte, cerinţele externe, impuse de beneficiar, care cuplează grupul turbină — generator în reţeaua de energie electrică şi, pe de altă parte, cerinţele interne, proprii, ale instalaţiei turbinei.

Cerinţele externe, materializate prin fluctuaţii de amplitudine variabilă, dar de durată constantă, ce apar în reţeaua de energie electrică pretind acţionărilor o mare fidelitate în urmărirea fluctuaţiilor, iar caracteristicile interne ale grupului turbină-generator, materializate prin energii considerabile ale aburului şi mase inerţiale reduse, pretind învingerea unor forţe aerodinamice mari într-un timp foarte scurt.

Aceste condiţii, pe care le putem defini ca fiind foarte dificile, pot fi îndeplinite în general numai de acţionările hidraulice care pot realiza curse de amplitudine variabilă într-o durată de timp impusă şi pot dezvolta forţe considerabile într-un timp foarte mic. Din această cauză acţionările sistemului de reglare al turbinelor cu abur sînt în general acţionări hidraulice.

Pentru realizarea unei înalte fidelităţi construcţia turbinelor cu abur a pus la punct distribuitoare hidraulice cu poziţii intermediare de mare capacitate şi un sistem numit aservire, care controlează permanent atît poziţia, cît şi viteza acţionării hidraulice. Pentru aservire există două variante constructive, dintre care prima este realizată cu componente hidraulice, iar a doua cu componente electrice.

Pentru a beneficia de particularitatea acţionărilor hidraulice de a dezvolta forţe considerabile într-un timp foarte scurt, a fost pusă la punct o frînă eficace, care împiedică la închidere lovirea brutală a supapelor de reglare pe scaunele lor.

Dimensionarea acţionărilor hidraulice se face pe baza rezultatelor din calculul aerodinamic al ventilelor de reglare, care definesc forţa şi cursa necesară, alegîndu-se viteza maximă a servomotorului funcţie de o dinamică preliminară a turbinei. La dimensionarea acţionărilor se ţine seama şi de unele fenomene secundare specifice turbinelor cu abur, ca de exemplu: forţe suplimentare necesare pentru învingerea frecărilor din mecanismele de acţionare şi pentru accelerarea pieselor în mişcare cu o masă totală de pînă la 3000 kg, scăderea momentană a presiunii în sistemul hidraulic funcţie de debitul consumat etc.

Vom ilustra cele de mai sus prezentînd acţionările hidraulice proiectate de ICSITEE Bucureşti şi executate de IMG Bucureşti pentru o turbină cu abur de 50 000 kW livrată la export (Cebu Filipine) şi pusă în curînd în funcţiune.

Această turbină este dotată cu o serie dublă de ventile de abur dintre care unele de reglare, iar altele de oprire.

1. Acţionarea ventilelor de reglare

Ventilele de reglare în număr de patru sînt comandate pe rînd, printr-un mecanism cu came, de o acţionare hidraulică care cuprinde: un servomotor linear, cu dublă acţiune, dimensionat să dezvolte o forţă de 115 kN pe o cursă de 300 mm, cu frînă la poziţia închis; un distribuitor hidraulic cu poziţii intermediare, avînd o cursă de 13,5 mm, dimensionat să închidă servomotorul în 0,3 s; un servomotor pilot pentru acţionarea distribuitorului; două aserviri de viteză şi de poziţie în construcţie hidraulică cuplate pe distribuitor şi servomotor, în conformitate cu schema din figura 1.

Uleiul de forţă la presiunea de 20 bari provine dintr-un sistem hidraulic, iar uleiul de comandă este modulat în presiune de către regulatorul de tip proporţional-diferenţial al turbinei.

Funcţionarea acţionării hidraulice decurge astfel: cînd regulatorul turbinei scade presiunea uleiului de comandă 7, pilotul 4 scoate distribuitorul 2 din poziţia mijlocie (debit zero) şi îl deplasează spre dreapta pînă cînd aservirea de viteză 5, mărind alimentarea cu ulei, readuce presiunea de comandă la valoarea iniţială, cînd pilotul 4 se opreşte. În această poziţie, distribuitorul 2 trimite în servomotorul 1 un debit de ulei proporţional cu comanda regulatorului, realizînd în prima etapă viteza cerută. Servomotorul 1 se deplasează spre dreapta pînă

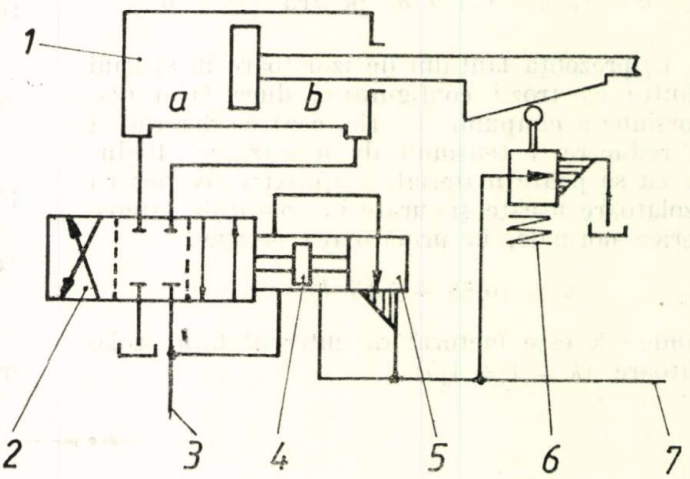


Fig. 1. Schema acţionării hidraulice a ventilelor de reglare: 1 — servomotor; 2 — distribuitor; 3 — ulei de forţă; 4 — servomotor pilot; 5 — aservire de viteză; 6 — aservire de poziţie; 7 — ulei de comandă.

* Ing. Ion Nicolau lucrează la ICSITEE — Bucureşti.

cînd aservirea de poziţie 6, reducînd descărcarea circuitului, creşte presiunea în linia de comandă cu o valoare egală cu scăderea iniţială. La această creştere a presiunii de comandă pilotul 4 deplasează înapoi distribuitorul 2, oprindu-l pe poziţia mijlocie atunci cînd aservirea de viteză 5 readuce presiunea de comandă la valoarea iniţială. Debitul distribuitorului 2 revine la zero, iar servomotorul 1 se opreşte, realizînd cursa cerută. Cînd regulatorul turbinei creşte presiunea uleiului de comandă, funcţionarea acţionării hidraulice decurge identic, dar în sens opus.

Dimensionarea acestei acţionări hidraulice s-a făcut pe baza unor date preliminare. În momentul în care ansamblul instalaţiei de turbină a fost perfect definit s-a realizat o modelare pe calculator, cu care ocazie s-a verificat integrarea acţionării hidraulice în dinamica generală a agregatului.

Acţiunea regulatorului asupra circuitului de comandă împreună cu acţiunea celor două aserviri duce la modificarea debitului de ulei proporţional cu suma celor trei acţiuni şi are semnificaţia fizică de viteză a pilotului. În acest caz se poate scrie :

$$\eta - K_1\sigma - K_2\mu = T_1\frac{d\sigma}{dt},$$

unde :

$\eta = \frac{\Delta V}{V_0}$ este cursa relativă a regulatorului;

$K_1 = \frac{\sigma_0}{V_0}$ — coeficientul aservirii de viteză ;

$\sigma = \frac{\Delta H}{H_0}$ — cursa relativă a pilotului (distribuitorului) ;

$K_2 = \frac{\mu_0}{V_0}$ — coeficientul aservirii de poziţie;

$\mu = \frac{\Delta Z}{Z_0}$ — cursa relativă a servomotorului;

$T_1 = 0{,}065$ s — timpul pilotului (distribuitorului).

În mod similar cursa distribuitorului conduce la un debit proporţional de ulei la servomotor şi are semnificaţia fizică de viteză a servomotorului.

$$\sigma = T_2\frac{d\mu}{dt},$$

unde :

$T_2 = 0{,}3$ s reprezintă timpul servomotorului.

Modelarea pe calculator, din care în figura 2 *a* este arătată numai dinamica acţionării hidraulice, a scos în evidenţă un aspect negativ al dimensionării preliminare, în sensul că, la comanda în treaptă unitară a regulatorului, a rezultat o viteză a servomotorului prea mică şi un timp aproape dublu faţă de cel preliminat.

Această mărire a timpului de răspuns se explică prin acţiunile antagoniste ale celor două aserviri, care reduc mult cursa medie a distribuitorului. Prin redimensionarea distribuitorului la un debit de ulei dublu pe aceeaşi cursă, s-a corectat această lacună, rezultînd în final o dinamică teoretică corectă, aşa cum se arată în figura 2*b*.

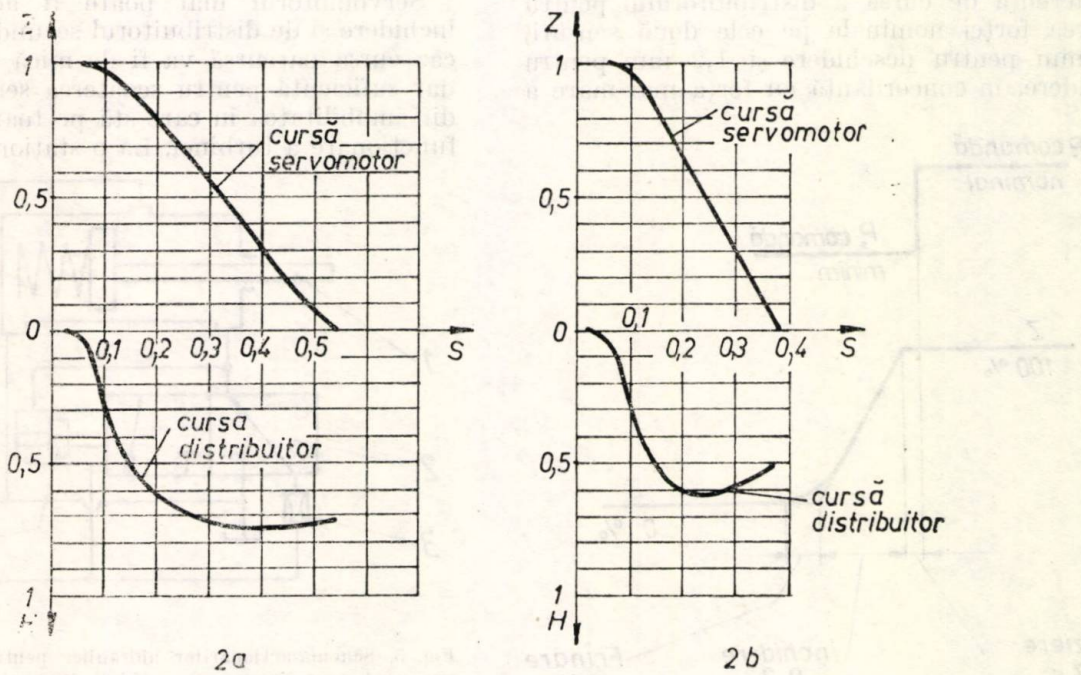


Fig. 2. Dinamica teoretică a acţionării din figura 1.

Acţionarea hidraulică descrisă mai sus a fost încercată pe standul de probă uzinal, rezultînd o caracteristică statică (fig. 3) şi o comportare dinamică (fig. 4) foarte apropiate de cele teoretice.

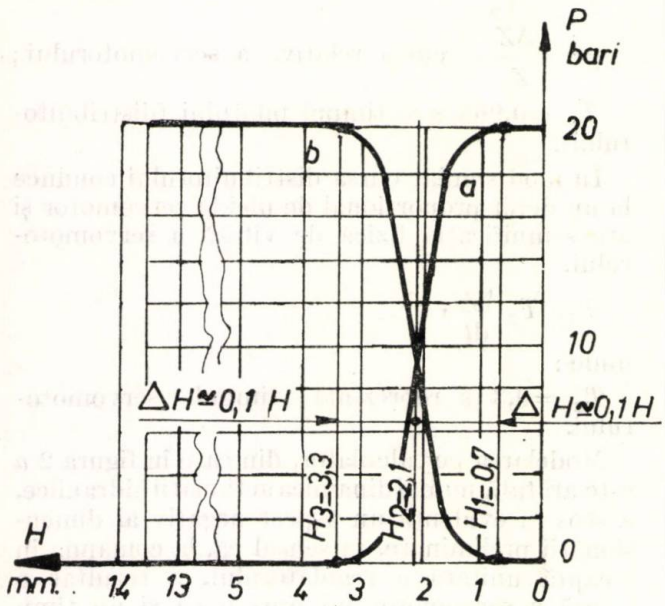


Fig. 3. Caracteristica statică a acţionării din figura 1.

Analizînd caracteristica statică redată în figura 3 rezultă că acţionarea dezvoltă forţa nominală, pe sensul dorit, în numai 10 % din cursa distribuitorului, 85 % din cursa acestuia fiind utilizată pentru închiderea servomotorului în timp foarte mic (0,3s), iar 15 % din cursă este utilizată pentru deschiderea servomotorului într-un timp mic (2 s). De asemenea, se constată o diferenţă de cursă a distribuitorului pentru crearea forţei nominale pe cele două sensuri, 1,4 mm pentru deschidere şi 1,2 mm pentru închidere, în concordanţă cu forţa mai mare a

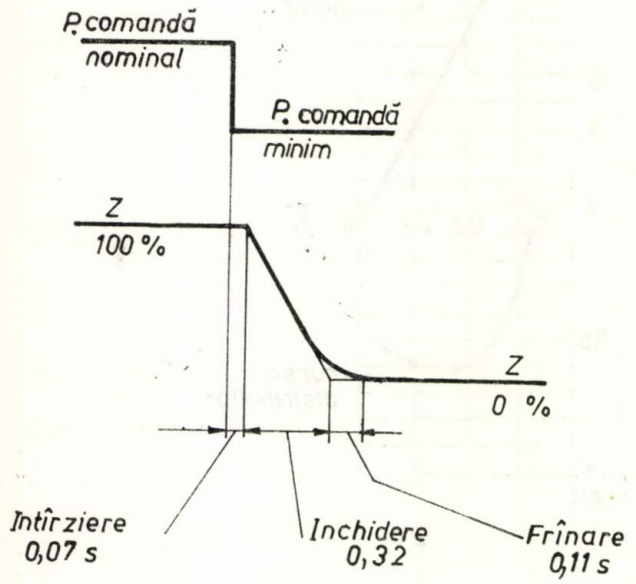


Fig. 4. Comportarea dinamică a acţionării din figura 1.

acţionării pe sensul deschidere şi mai mică pe sensul închidere.

Figura 4 arată că, din punct de vedere dinamic, acţionarea realizează, la viteza maximă, timpul de închidere impus, ultima porţiune a cursei fiind puternic frînată.

2. Acţionarea ventilelor de oprire

Cînd mărimile caracteristice de funcţionare ale turbinei depăşesc domeniul admis şi rezultă o funcţionare anormală periculoasă, ventilele de oprire, care formează partea finală a sistemului de protecţie, se închid, oprind accesul aburului şi preîntîmpinînd apariţia sau dezvoltarea unor avarii grave. În număr de două, ventilele de oprire sînt comandate fiecare de către o acţionare hidraulică, care cuprinde : un servomotor linear cu simplă acţiune şi închidere prin arcuri puternice, frînat la poziţia închis şi dimensionat să dezvolte o forţă de 48 kN pe o cursă de 53 mm, un distribuitor principal cu două poziţii, dimensionat să realizeze închiderea servomotorului în 0,10 s, o diafragmă care limitează debitul la deschidere şi un distribuitor secundar acţionat manual, componentele fiind legate ca în schema din figura 5.

Funcţionarea are loc în felul următor : la apariţia presiunii uleiului de comandă 4, pilotul 5 deplasează distribuitorul 2 spre dreapta, iar prin diafragma 3 trece un debit de ulei care asigură deschiderea servomotorului 1 în timpul de 3 s. La dispariţia presiunii de comandă, sub influenţa presiunii din cilindrul servomotorului, pilotul 5 deplasează distribuitorul 2 spre stînga, descărcînd la scurgere un debit corespunzător timpului de închidere de 0,10 s.

Servomotorul mai poate fi acţionat spre închidere şi de distribuitorul secundar 6, în care caz cursa parcursă va fi de mică amplitudine, dar suficientă pentru scoaterea servomotorului din imobilitatea în care stă pe toată durata de funcţionare a turbinei. La o staţionare îndelun-

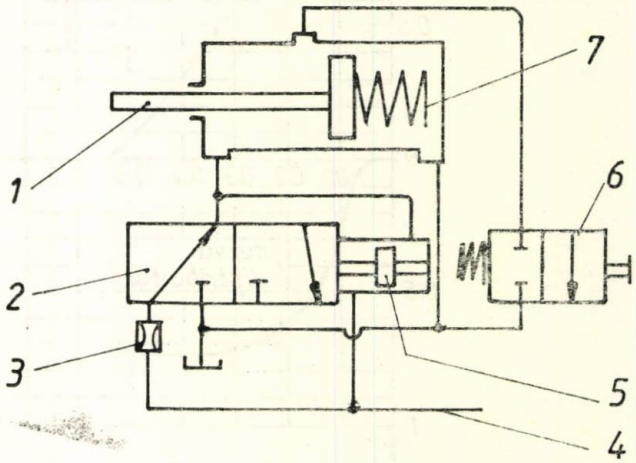


Fig. 5. Schema acţionărilor hidraulice pentru ventilele de oprire : 1 — servomotor ; 2 — distribuitor principal ; 3 — diafragmă ; 4 — ulei de comandă ; 5 — servomotor pilot ; 6 — distribuitor secundar ; 7 — arcuri.

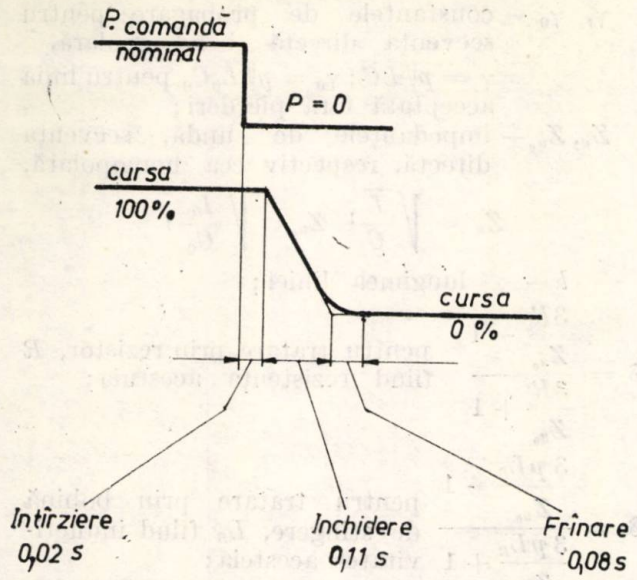


Fig. 6. Comportarea dinamică a acționării din figura 5.

gată există pericolul de blocare a ventilelor prin depuneri de săruri sau prin aderențe. Acționarea a fost încercată pe standul de probă uzinal, prezentînd o comportare dinamică, redată în figura 6, foarte apropiată de cea teoretică. Aparatura de măsură utilizată la probe a cuprins elemente de indicare și înregistrare electronice din clasa 1%.

Din figura 6 rezultă că acționarea hidraulică pentru ventilele de oprire prezintă o întîrziere, un timp de închidere și o frînare pe ultima porțiune a cursei mult mai mici decît la acționarea precedentă, încadrîndu-se, din punct de vedere dinamic, în parametrii impuși inițial.

În timpul probelor de dare în funcțiune a turbinei cu abur și pe timpul exploatării de garanție, de un an, acționările hidraulice s-au comportat corect, dovedind o bună fiabilitate în ansamblul instalației.

Bibliografie

[1] Grecu, T., Cârdu, M., Nicolau, I. *Turbine cu abur*. Editura tehnică, București, 1976.

[2] Ionescu, F., Catrina, D., Dorin, A. *Mecanica fluidelor și acționări hidraulice și pneumatice*. Editura didactică și pedagogică, București, 1980.

Funcționarea sistemului electroenergetic și a elementelor acestuia în condiții de siguranță sporită. Automatizări. Telemecanică. Teleinformatică.

Tratarea neutrului rețelelor de distribuție cu linii în cablu, prin rezistor de limitare, în cadrul IEIRIEDEET Timișoara

Dr. ing. Mircea Nemeș, ing. Ion Topîrceanu, ing. Vladimir Hristea*

Introducere

Tratarea neutrului rețelelor de distribuție de medie tensiune prin bobina de stingere a întîmpinat dificultăți serioase odată cu extinderea rețelei deservite de stație. Crescînd curentul de punere la pămînt la valori peste 300 A și cu o componentă activă relativ mare, curentul rezidual se situa la valori la care stingerea arcului nu mai era posibilă. Ca urmare, ținînd seama că identificarea și deconectarea liniei cu punere la pămînt se făcea într-un interval de timp de ordinul minutelor, prin supratensiunile determinate de arcul intermitent apăreau alte deteriorări de izolație, declanșînd o serie de scurtcircuite evolutive, duble puneri la pămînt, de cele mai multe ori cu deteriorări importante de material și echipamente.

Ținînd seama de imposibilitatea realizării unei stingeri eficiente a arcului curentului rezidual, pentru a preveni menținerea rețelei la un nivel de tensiune periculos, s-a trecut la transformarea punerii la pămînt în scurtcircuit monofazat cu deconectarea rapidă a liniei avariate, limitîndu-se curentul de scurtcircuit printr-un rezistor, care este elementul cel mai potrivit pentru minimizarea supratensiunilor pe durata procesului tranzitoriu de avarie.

În afara reducerii supratensiunilor la o punere la pămînt, rezistorul elimină și supratensiunile de durată specifice liniilor electrice aeriene în regim capacitiv neechilibrat și implicit se elimină lucrările legate de simetrizarea capacitivă. De asemenea, se reduc perturbațiile în liniile de telecomunicații învecinate liniilor de medie tensiune prin micșorarea curentului de scurtcircuit și eliminarea rapidă a defectelor, precum și simplificarea automatizării proceselor funcționale din stație, rezistorul avînd valoarea rezistenței independentă de configurația momentană a rețelei deservite de stație.

Într-o lucrare anterioară [1] s-au stabilit criteriile de alegere a rezistenței optime. În acord cu aceste cercetări, rezistorul de limitare a fost calculat astfel încît valoarea maximă a curentului de scurtcircuit monofazat să se limiteze la 630 A, curentul nominal al întreruptoarelor din celule de linie.

* Conf. dr. ing. Mircea Nemeș lucrează la Facultatea de Electrotehnică Timișoara, ing. Ion Topîrceanu este șef compartiment DEI — IEIRIEDEET Timișoara, ing. Vladimir Hristea este șeful Colectivului de Cercetare Deva CIRE—SCP.

Ca urmare a unei colaborări de durată între Facultatea de Electrotehnică Timişoara, IRE Timişoara şi Colectivul de cercetare Deva CIRE—SCP, începînd cu anul 1977 s-au înlocuit bobinele de stingere cu rezistor de limitare în cinci staţii de distribuţie urbană cu linii în cablu (110/10 kV) din Timişoara, precum şi în staţia 110/6 kV IV Arad. Comportarea în exploatare a celor şase staţii urmărite a permis, pe de o parte, confirmarea anticipărilor teoretice, iar, pe de altă parte, prelevarea a numeroase informaţii utile, care au completat aspectul global al tratării neutrului prin rezistor de limitare.

1. Reducerea nivelului supratensiunilor temporare prin utilizarea rezistorului de limitare

Avînd în vedere principalul avantaj al tratării neutrului prin rezistor — reducerea nivelului supratensiunilor datorate scurtcircuitului monofazat — cercetările teoretice şi experimentale în această direcţie au fost prioritare. Rezultatele investigaţiilor au fost prezentate în [2], [3], [4]. Conform dezvoltărilor din [4], tensiunea fazelor neafectate de avarie la locul punerii la pămînt sau scurtcircuitului monofazat este:

$$u_\Sigma(t) = u'(t) + u(t). \qquad (1)$$

Termenul $u(t)$ reprezintă tensiunea fazelor neafectate de defect înainte de producerea acestuia, deci tensiunea caracteristică regimului permanent normal. Deoarece metoda superpoziţiei oferă avantaje în analiza fenomenului, defectul fază-pămînt s-a simulat prin introducerea unui generator ideal de tensiune echivalent cu o tensiune egală şi de sens contrar celei existente pe faza subiect înainte de producerea defectului. Termenul $u'(t)$ reprezintă componenta tranzitorie a tensiunii pe fazele neafectate de defect la aplicarea tensiunii generatorului echivalent, reţeaua fiind pasivizată. Suma celor două mărimi din relaţia (1) reprezintă funcţia de timp a supratensiunii.

Expresiile mărimilor $u'(t)$ şi $u(t)$ din relaţia (1) sînt:

$$u'(t) = L^{-1}\left[E_a\left(1 - \frac{1}{2}\,\frac{Y}{X}\right)\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\left(\frac{Y}{X}\right)^n \right], \qquad (2)$$

$$u(t) = \sqrt{2}U_f \sin(\omega t + \theta \pm 2\pi/3), \qquad (3)$$

în care:

$$X = [1 + \exp(-2\gamma l)]\,[1 + \delta \exp(-2\gamma_0 l)],$$

$$Y = \frac{2Z_u}{Z_{u_0}}[1 - \exp(-2\gamma l)]\,[1 - \delta \exp(-2\gamma_0 l)].$$

Ea este imaginea în operaţional a tensiunii fazei avariate, cu semn schimbat;

γ, γ_0 — constantele de propagare pentru secvenţa directă şi homopolară, $\gamma = p\sqrt{LC}$; $\gamma_0 = p\sqrt{L_0C_0}$ pentru linia acceptată fără pierderi;

Z_u, Z_{u_0} — impedanţele de undă, secvenţa directă, respectiv cea homopolară,

$$Z_u = \sqrt{\frac{L}{C}};\quad Z_{u_0} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}};$$

l — lungimea liniei;

$\delta = \dfrac{\dfrac{3R}{Z_{u_0}} - 1}{\dfrac{3R}{Z_{u_0}} + 1}$ pentru tratare prin rezistor, R fiind rezistenţa acestuia;

$\delta = \dfrac{\dfrac{3pL_B}{Z_{u_0}} - 1}{\dfrac{3pL_B}{Z_{u_0}} + 1}$ pentru tratare prin bobină de stingere, L_B fiind inductivitatea acesteia;

θ — unghiul la care apare punerea la pămînt sau scurtcircuitul monofazat. $\theta = 0$ s-a considerat la trecerea tensiunii fazei prin zero de la valori negative la valori pozitive.

Relaţia (1) permite o analiză calitativă şi cantitativă a supratensiunilor temporare.

O primă observaţie interesantă este legată de creşterea tensiunii pe fazele neafectate de avarie, în momentul producerii acesteia. Această creştere nu depinde de modul de tratare a neutrului, fiind o consecinţă a legăturilor mutuale între faze. Relaţia (2) poate fi pusă sub forma:

$$U'(p) = E_a\frac{1 - \dfrac{1}{2}\dfrac{Y}{X}}{1 + \dfrac{Y}{X}}, \qquad (4)$$

în care $U'(p)$ este imaginea în operaţional a funcţiei original $u'(t)$.

Punînd condiţia $p \to \infty$ se obţine:

$$u'(0) = -\sqrt{2}U_f \sin\theta\,\frac{Z_{u_0} - Z_u}{Z_{u_0} + 2Z_u}.$$

Notînd:

$\Delta u^* = -\dfrac{u'(0)}{\sqrt{2}U_f \sin\theta}$, valoarea relativă a creşterii tensiunii raportată la tensiunea momentană la $t = 0$, rezultă:

$$\Delta u^* = \frac{Z_{u_0} - Z_u}{Z_{u_0} + 2Z_u}\ [\text{u.r.}]. \qquad (5)$$

Pentru o linie electrică aeriană de 20 kV cu $Z_u = 479\ \Omega$ şi $Z_{u_0} = 1293\ \Omega$, $\Delta u^* = 0{,}36$.

Pentru o linie în cablu de 20 kV cu $Z_u = 23\,\Omega$ şi $Z_{u_0} = 107\ \Omega$, $\Delta u^* = 0{,}54$. Se constată deci o situaţie de debut a procesului tranzitoriu în defavoarea liniilor în cablu.

Tot legat de situaţia de debut a procesului tranzitoriu se poate evalua valoarea maximă a factorului de supratensiune (FS), definit ca raport între valoarea maximă a supratensiunii şi valoarea maximă a tensiunii de serviciu, ambele fiind măsurate faţă de pământ.

Pentru $t = 0$, din (1) rezultă:

$$u_\Sigma(0) = -\Delta u^* \sqrt{2} U_f \sin\theta + \sqrt{2} U_f \sin\left(\theta \mp \frac{2\pi}{3}\right),$$

respectiv

$$FS(0) = -\Delta u^* \sin\theta + \sin\left(\theta \mp \frac{2\pi}{3}\right). \quad (5)$$

Pentru linii în cablu, $FS(0)_{max} = 1{,}35$ la $\theta = \pm 50°$. În cazul liniilor aeriene, $FS(0)_{max} = 1{,}22$, pentru $\theta = \pm 45°$C.

Din relaţia (2) se observă că valorile negative ale mărimii δ, valori proprii rezistorului, conduc la valori mici ale tensiunii $u'(t)$.

Pentru neutrul izolat $\delta = 1$. În cazul tratării neutrului prin bobină de stingere δ este dependent de timp:

$$\delta(t) = 1 - 2\left[1 - \exp\left(-\frac{tZ_0}{3L_B}\right)\right]. \quad (6)$$

În relaţia (6) s-a considerat, pentru simplitatea urmăririi fenomenului calitativ, tensiunea aplicată ca tensiune treaptă unitate, expresia (6) reprezentînd originalul produsului $E_a\delta$, în care $E_a = \frac{1}{p}$.

La $t = 0$, $\delta(0) = 1$. Constanta de timp $\frac{3L_B}{Z_{u_0}}$ are valoarea de ordinul zecilor de ms. Avînd în vedere că la o linie în cablu cu o lungime de 10 km durata unui parcurs pentru unda de secvenţă homopolară este de circa 0,3 ms, valoarea coeficientului δ se menţine apropiată de unitate. Uşoara scădere în timp a acestuia conduce la valori apropiate, uneori chiar mai mari decît pentru neutrul izolat.

Fără a extinde mai mult aceste consideraţii, se desprind următoarele observaţii importante:

a) în momentul apariţiei punerii la pământ sau a scurtcircuitului monofazat factorul de supratensiune nu depinde de modalitatea de tratare a neutrului, fiind mai mare la liniile în cablu decît la liniile aeriene. Factorul de supratensiune maxim nu depăşeşte valoarea 1,35 (LES), respectiv 1,22 (LEA);

b) influenţa tratării neutrului se face prezentă după un interval de timp egal cu dublul duratei de parcurs între locul avariei şi staţie, pentru unda de secvenţă homopolară;

c) indiferent de tipul liniilor din reţeaua deservită de staţie rezistorul limitează *FS* maxim la valoarea 2;

d) dacă neutrul este izolat sau tratat prin bobină de stingere *FS* maxim ajunge frecvent la valoarea 3 (LES) sau 2,5 (LEA);

e) din relaţiile (2) şi (4) se observă că o influenţă determinantă asupra *FS* o are raportul Z_u/Z_{u_0}. Prin creşterea acestui raport se reduc supratensiunile. Existenţa legăturilor la pământ ale mantalei sau armăturii cablului menţin raportul Z_u/Z_{u_0} la o valoare maximă, dar oricum inferioară celei caracteristice liniilor aeriene.

2. Realizarea schemei circuitelor primare

Schema utilizată pentru implementarea rezistorului de limitare este prezentată în figura 1 şi se referă la tipul caracteristic de staţie de distribuţie cu sistem simplu de bare secţionat longitudinal.

În schemă normală se funcţionează, de regulă, cu un singur transformator 110/MT bloc cu transformatorul de servicii interne (TSI), conectat la aceeaşi secţie de bare, cupla longitudinală fiind închisă. Instalaţia AAR este în funcţiune, iar separatoarele S_1 şi S_2 închise. Astfel, neutrul fiecărui TSI este legat la pământ prin intermediul unui singur rezistor de limitare. Rezistoarele de limitare au fost proiectate şi realizate ca prototip la Facultatea de Electrotehnică Timişoara, catedra de Electroenergetică. Pentru a avea imaginea generală a performanţelor obţinute, în tabelul 1 se prezintă datele tuturor prototipurilor realizate.

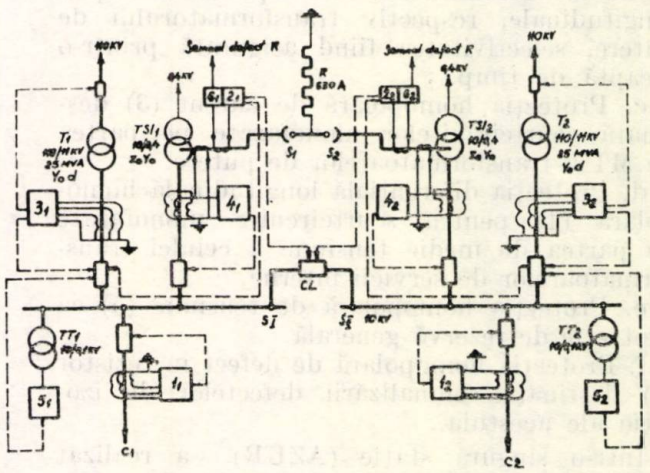


Fig. 1. Schema utilizată pentru tratarea neutrului cu rezistor la staţiile 110/10(6) kV cu LES — IRE Timişoara.

Tabelul 1

Rezistoare de limitare tip RL

Nr. crt.	Caracteristici tehnice	U.M.	RL — 20 kV 300 A	RL — 10 kV 630 A	RL — 6 kV 630 A
1	Tipul reţelei de MT	—	linii aeriene sau mixte	linii subterane	linii subterane
2	Tensiunea nominală a reţelei	kV	20	10	6
3	Curent maxim de scurtcircuit monofazat	A	300	630	630
4	Rezistenţa electrică la 20°C	Ω	36	9	5,2
5	Stabilitate termică	s	5	5	5
6	Gabarit	mm	1455 × 1200 × 2400	1335 × 1500 × 2290	1335 × 900 × 1690
7	Masă totală	kg	560	300	222
8	Numărul şi data procesului verbal de omologare	—	240/28 V 1980	7632/20 V 1978	241/28 V 1980
9	Staţia în care funcţionează	—	110/20 kV „Pădurea Verde" Timişoara	110/10 kV „Victoria" Timişoara	110/6 kV „IVA" Arad

3. Completarea circuitelor secundare de protecţie

Instalaţiile de automatizare şi protecţie pentru scurtcircuitele polifazate au fost menţinute. S-au demonstrat circuitele protecţiilor contra punerilor la pămînt. Ţinînd seama de specificul reţelei tratate prin rezistor s-au introdus următoarele protecţii suplimentare (vezi fig. 1):

a. Protecţia homopolară de curent (1) la toate celulele liniilor de medie tensiune, ca protecţie de bază.

b. Protecţia homopolară de curent prin rezistor (2) cu atribuţii de protecţie de bare, respectiv protecţie de rezervă pentru (1). Comandă deconectarea întreruptoarelor cuplei longitudinale, respectiv transformatorului de putere, selectivitatea fiind asigurată printr-o treaptă de timp.

c. Protecţia homopolară de curent (3) destinată scurtcircuitelor monofazate pe partea de MT a transformatoarelor de putere.

d. Protecţia diferenţială longitudinală homopolară (4) pentru scurtcircuite monofazate pe partea de medie tensiune a celulei transformatoarelor de servicii interne.

e. Protecţia homopolară de tensiune (5) ca protecţie de rezervă generală.

f. Protecţia homopolară de defect în rezistor (6) destinată semnalizării defectelor de izolaţie ale acestuia.

Într-o singură staţie (AZUR) s-a realizat o protecţie specială a barelor de tipul protecţiei de punere la masă, deoarece era echipată cu celule tip Băileşti.

4. Comportarea în exploatare a reţelelor tratate prin rezistor de limitare

O analiză a comportării reţelelor cu neutrul tratat prin rezistor necesită cîteva precizări prealabile. Primele măsurători într-o staţie echipată cu rezistor de limitare s-au efectuat în trim. IV 1977 în staţia „Victoria" Timişoara. Un interval de timp de 5 ani pentru înregistrarea şi prelucrarea numeroaselor informaţii prelevate se consideră edificator, chiar dacă punerea în funcţiune a rezistoarelor în alte staţii s-a făcut mai tîrziu. În tabelul 2 se prezintă datele de interes pentru cadrul analizei.

Tabelul 2

Staţiile de distribuţie echipate cu rezistor de limitare

Nr. crt.	Denumirea staţiei	Data punerii în funcţiune a rezistorului	Numărul celulelor de MT
1	Victoria 110/10 kV	25.XI. 1977	30
2	Cetate 110/10 kV	3. III. 1979	36
3	Dumbrăviţa 110/10 kV	3. VIII. 1979	26
4	Fratelia 110/10 kV	21. III. 1980	19
5	Azur 110/10 kV	24. V. 1980	20
6	IVA 110/ 6 kV	31.VIII.1981	23

Pentru o imagine cît mai exactă a eficienţei protecţiei homopolare de curent a liniilor s-au analizat şi declanşările datorate protecţiei maximale de curent. Au fost evidenţiate

cauzele și locul defectului numai pentru situațiile care au oferit certitudine.

În tabelul 3 sînt sintetizate prelucrările statistice ale declanșărilor în cele șase stații supravegheate.

Fără a încerca epuizarea comentariilor legate de conținutul tabelului 3, se impun cîteva remarce importante :

— Protecția homopolară de curent a liniilor a acționat în 91,4 % din situații față de 8,6 % intervenții ale protecției maximale de curent în treapta întîi. S-au constatat intervenții simultane în 16% din cazurile de scurtcircuit. De regulă, inițializarea unui scurtcircuit debutează monofazat, fapt confirmat de procentul ridicat al acționării PHC. Se poate preciza că în toate situațiile de intervenții exterioare asupra cablului (excavator, tîrnăcop etc.) a acționat PHC. Aceeași protecție a acționat și în cazul inundării cu apă a unui post de transformare.

— Protecția de curent prin rezistor (PHCR) a acționat corect la refuzul PHC a unei linii sau la scurtcircuit pe bare. Din totalul celor 12 intervenții, trei s-au datorat scurtcircuitelor pe bare. Se semnalează o funcționare eronată în anul 1981 în stația „Victoria", în perioada funcționării acesteia cu ambele transformatoare conectate și cupla longitudinală deschisă, datorită infiltrării apei

Tabelul 3

Funcționarea protecțiilor în stațiile 110/MT echipate cu rezistor de limitare

Nr. crt.	Protecția care a funcționat	Locul defectului și cauza. Observații	Număr de declanșări							
			Total 1978—1982	Stații de 110/10 kV					Stația 110/6 kV	
				1978	1979	1980	1981	1982	1981	1982
1	Protecția homopolară de curent (PHC) (1)	Cablu, intervenție exterioară	129	2	27	26	39	30	1	4
		Echipamente din posturi de transformare	39	1	11	10	11	4	—	2
		Cablu, defect pe traseu sau cutie terminală	86	2	24	15	35	9	—	1
2	Protecția homopolară de curent și protecția maximală de curent rapidă	Cablu	36	—	9	14	12	1	—	—
		Echipamente din posturi de transformare	18	1	3	7	5	2	—	—
3	Protecția maximală de curent (rapidă) fără protecția homopolară de curent	—	29	12	3	2	6	5	—	1
4	Protecția homopolară de curent prin rezistor (PHCR) (2)	Declanșarea cuplei longitudinale MT la refuz de declanșare a celulelor de MT	4	—	—	1	1	2	—	—
		Declanșarea întreruptorului transformatorului de putere la refuz de declanșare a celulelor de MT	8	—	2	2	2	1	—	1
5	Protecția homopolară de (3) curent a transformatoarelor de putere	—	1	—	—	—	—	—	1	—
6	Protecția diferențială homopolară a TSI (4) (PDLH)	—	7	—	—	2	3	2	—	—
7	Protecția homopolară de tensiune (PHT) (5)	—	3	—	—	—	1	2	—	—
8	Protecția homopolară de defect în rezistor (semnalizare) (6)	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelul 4

Numărul declanşărilor în anul premergător instalării rezistorului de limitare şi în anul 1983

Staţia	Neutrul tratat prin BS				Neutrul tratat prin R			
	Anul	Tipul defectului		Cauze*	Anul	Tipul defectului		Cauze*
		Puneri la pămînt	Scurtcircuit polifazat			Scurtcircuit monofazat	Scurtcircuit polifazat	
Victoria 110/10 kV	1977	4	20	a–8 b–7 c–4 d–5	1983	2	1	a–2 b–1
Cetate 110/10kV	1978	1	8	a–2 b–2 c–2 d–2 e–1	1983	1	1	a–1 b–1
Dumbrăviţa 110/10 kV	1978	1	22	a–13 b– 5 c– 5	1983	2	5	a–3 b–2 c–1 c–1 d–1
Fratelia 110/10 kV	1979	—	9	a–5 b–4	1983	3	—	a–2 c–1
IVA 110/6 kV	1980	—	4	a–2 b–2	1983	—	1	b–1

* a — intervenţii mecanice ; b — suprasolicitări electrice ; c — materiale necorespunzătoare ; d — alte cauze ; e — manevre greşite

prin tavanul unui post de transformare (PT 1115).

— Protecţia homopolară de tensiune (PHT) a acţionat de trei ori datorită unor defecţiuni ale PHCR, dovedindu-se eficienţa ca protecţie homopolară de rezervă generală.

— Protecţia diferenţială longitudinală homopolară a TSI a acţionat de cinci ori la un transformator, datorită unor deficienţe în circuitele secundare identificate cu întîrziere şi la alt TSI de două ori, corect de astă dată, ca urmare a unui defect la cablul respectiv datorită conturnării izolaţiei în celula TSI.

— Protecţia maximală rapidă a acţionat corect în 29 cazuri. Chiar dacă scurtcircuitul bifazat la pămînt este sesizat şi de PHC, aceasta are timpul reglat 0.2 s şi ca atare protecţia maximală rapidă acţionează prima.

— Deoarece nu s-au ivit defecţiuni de izolaţie la rezistoare nu s-au înregistrat semnalizări de depăşire a curentului maxim de scurtcircuit monofazat prevăzut.

Pentru o comparaţie edificatoare între comportarea reţelelor cu neutrul tratat prin bobină de stingere şi apoi prin rezistor de limitare, în tabelul 4 se prezintă situaţia declanşărilor în anii premergători punerii în funcţiune a rezistoarelor şi în anul 1983.

Comparaţia este elocventă şi nu ar necesita comentarii suplimentare. Se impun totuşi cîteva observaţii la nivel de cifre globale care justifică reducerea solicitărilor electrice datorate supratensiunilor pentru neutrul tratat prin rezistor. Numărul defectelor datorate suprasolicitărilor electrice şi materialelor necorespunzătoare s-a redus de la 31 (BS) la 7 (R), iar scurtcircuitele polifazate de la 63 (BS) la 8 (R) şi aceasta în condiţiile în care, de la renunţarea la bobinele de stingere reţeaua a evoluat atît în complexitate, cît şi în uzură.

6. Concluzii

Soluţia utilizată în staţiile 110/MT cu linii subterane a constat din implementarea unui singur rezistor astfel calculat încît să limiteze curentul de scurtcircuit monofazat pe bare la 630 A. Analiza sectoarelor experimentale atestă corectitudinea soluţiilor adoptate pentru circuitele primare şi cele secundare de protecţie, precum şi reducerea importantă a numărului defectelor în toate staţiile.

O altă soluţie posibilă, mai comodă fără îndoială, este cea care prevede montarea a două rezistoare într-o staţie, cu limitarea curentului maxim de scurtcircuit monofazat la 1000 A. Limitarea curentului de scurtcircuit monofazat la 630 A în loc de 1000 A prezintă avantajul unor tensiuni de atingere şi de pas mai scăzute, precum şi o reducere cu 60%

a solicitărilor termice în benzile de cupru ale cablurilor cu izolație de PVC sau polietilenă reticulară. Nivelul perturbațiilor în liniile de telecomunicații învecinate este de asemenea diminuat, iar productivitatea muncii la lucrările de revizii crește.

Utilizarea unui singur rezistor în loc de două are următoarele avantaje: cheltuielile de investiție sînt reduse la jumătate și este posibilă funcționarea cu transformatoarele de putere în paralel, situație inacceptabilă pentru cazul tratării neutrului prin două rezistoare, cînd curentul de scurtcircuit monofazat se dublează practic, determinînd creșterea solicitărilor termice în benzile cablurilor de aproape 4 ori.

Bibliografie

[1] Nemeș, M., Besoiu, I., Ivașcu, C. *Optimizarea rezistenței de limitare în rețelele cu neutrul tratat prin rezistor.* În: Energetica, vol. 31, nr. 1, p. 13—18, 1983.

[2] Nemeș, M., Ivașcu, C., Velicescu, C., Topirceanu, I. *Aplicarea soluției tratării neutrului prin rezistor de limitare în stația de 110/10 kV „Victoria" Timișoara.* Bul. șt. și tehn. al IP „Traian Vuia" Timișoara, Tom 23 (37), fasc. 2, p. 235—240, 1978.

[3] Nemeș, M., Văcaru, D., Arenstein, Al. *Factorul de supratensiune la scurtcircuit monofazat în rețelele de distribuție cu neutrul tratat prin rezistor de limitare.* În: Energetica, vol. 30, nr. 1, p. 13—16, 1982.

[4] Nemeș, M. *Calculul factorului de supratensiune la scurtcircuit monofazat sau punere la pămînt în rețelele de medie tensiune tratate prin rezistor de limitare.* Conferința națională de electrotehnică și electroenergetică, vol. 11, p. 243—253, 1982.

(Primit la 9 aprilie 1983, acceptat la 2 iunie 1984)

Realizarea funcției de supraveghere în cadrul automatizării termocentralelor cu grupuri de 50 MW cu ajutorul echipamentelor electronice de calcul

Ing. Mihai Semedrea, ing. Augustin Aldasoro*

Concepția de organizare a conducerii la centralele electrice de termoficare cu grupuri de 50 MW funcționînd pe lignit include, avînd ca scop realizarea unor funcții de supraveghere operative și neoperative, mai multe sisteme de calcul cu microcalculatoare de proces.

Creșterea gradului de automatizare a funcțiunilor de supraveghere urmărește atît îmbunătățirea conducerii pe termen scurt, adică a condițiilor de lucru ale operatorilor din camerele de comandă, cît și a conducerii exploatării în general, adică a conducerii pe termen mediu și lung. Introducerea în conturul operativ a echipamentelor de calcul permite ridicarea performanțelor exploatării prin raționalizarea și obiectivizarea informațiilor primite din procesul tehnologic datorită transmisiilor seriale, ierarhizării și selectării informațiilor, calcularea operativă a unor indicatori tehnici și obținerea organizată a unui martor obiectiv al derulării evenimentelor de exploatare.

Prin aceste soluții se face un prim pas spre o organizare superioară a contururilor operative din camerele de comandă și anume spre camere de comandă cu supraveghere serială a informației, cu o lungime mult mai mică a contururilor operative, cu o prelucrare avansată a informațiilor și un grad de automatizare ridicat.

1. Concepția generală

La termocentralele echipate cu grupuri de 50 MW din generația 1980 — 1985, centrale destinate producerii combinate a energiei electrice și a energiei termice pentru consumatori industriali sau urbani, concepția generală de organizare a conducerii operative se bazează pe o *structură ierarhică* cu următoarele niveluri caracteristice:

— coordonarea la nivelul termocentralei și realizarea legăturilor cu nivelurile ierarhice supraordonate se asigură din *camera dispecerului șef de tură*; din această cameră de comandă se face și supravegherea și comanda rețelelor de termoficare din incinta termocentralei; această cameră este amplasată în corpul de exploatare, la cota de serviciu a turboagregatelor;

— conducerea unităților cazan-turbină-generator și a celorlalte instalații din clădirea principală se face din *camerele de comandă tehnologice*, amplasate în corpul intermediar, la cota de serviciu a turboagregatelor; este prevăzută cîte o cameră de comandă pentru două unități de 50 MW;

— conducerea instalațiilor anexe din afara clădirii principale se realizează sau din *săli de comandă* (gospodăria de combustibil, tratarea chimică a apei) sau de la *tablouri de comandă locale*, amplasate direct în instalație sau în încăperi separate.

Pentru sistemele de calcul prevăzute în cadrul instalațiilor de automatizare din termocentrală a fost stabilită o structură similară, ținînd seama atît de concepția generală de organizare a conducerii, cît și de funcțiile ce le-au fost atribuite (fig. 1). Astfel, pentru fiecare unitate de 50 MW (cazan, turbină, generator) este prevăzut un sistem de calcul, care primește informațiile necesare din insta-

* Ing. Mihai Semedrea și ing. Augustin Aldasoro sînt proiectanți la ISPE.

laţiile termomecanice şi electrice prin intermediul instalaţiilor de automatizare. La nivelul termocentralei este prevăzut un alt sistem de calcul, unde sosesc informaţii de la sistemele fiecărei unităţi, prin legătură serială, şi de la alte instalaţii din afara clădirii principale,

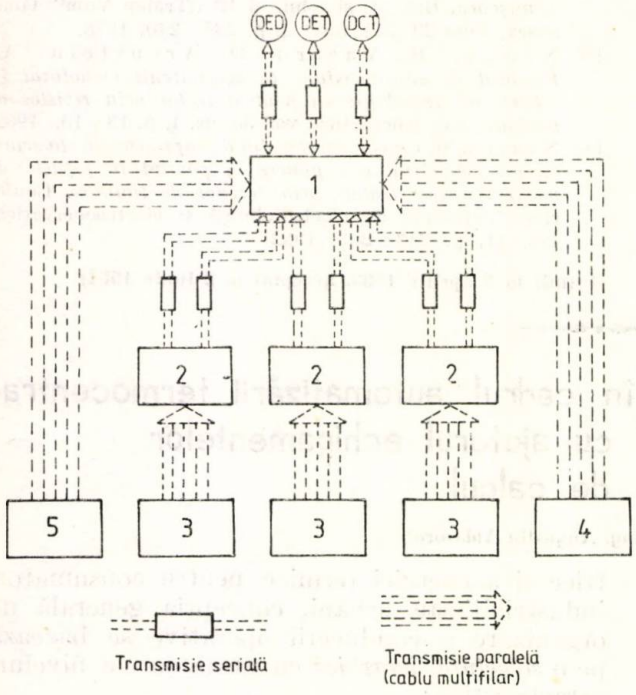


Fig.1. Structura sistemului de calcul cu funcţii de supraveghere pentru o termocentrală cu trei unităţi de 50 MW: 1 — sistem de calcul dispecer pe termocentrală; 2 — sistem de calcul pe o unitate de 50 MW; 3 — automatizări pe o unitate de 50 MW; 4 — automatizări staţie 110 kV; 5 — automatizări instalaţii anexe; DED — dispecer energetic de distribuţie; DET — dispecer energetic teritorial; DCT — dispecer central de termoficare.

prin legături în cablu multifilar. Sistemul de calcul pe termocentrală asigură şi schimbul de informaţii cu nivelurile ierarhice supraordonate: Dispecerul Energetic Teritorial, Dispecerul Energetic de Distribuţie şi Dispecerul Central de Termoficare.

Se formează în acest fel un sistem de supraveghere pe termocentrală în acord cu concepţia generală de organizare a conducerii şi de realizare a celorlalte instalaţii de automatizare, sistem corelat, de asemenea, şi cu concepţia de organizare a conducerii prin dispecer a Sistemului Energetic Naţional.

Configuraţia sistemelor electronice de calcul, prevăzute în prezent în termocentralele cu grupuri de 50 MW, cuprinde echipamente de calcul fabricate în ţară, şi anume:

— echipamente de interfaţă tip SPOT 80;
— unităţi centrale M18B;
— microcalculatoare M118 cu display semigrafic;
— echipamente de transmisie serială TELEROM;
— display-uri alfanumerice (DAF).

2. Baza de date

Sistemul de calcul aferent unei unităţi de 50 MW este dotat la interfaţă cu procesul cu echipamente de tip SPOT, care recepţionează semnalele analogice şi binare.

Numărul de semnale prevăzute să fie supravegheate prin calculator este, în soluţia actuală, după cum urmează:

— 266 semnale analogice unificate (mA) la o capacitate maximă de 320 semnale:

— 29 semnale analogice (mV) pentru racordarea directă a termocuplurilor — capacitate maximă 64 semnale (nivelul maxim admis 50 mV);

— 708 semnale binare (contacte fără tensiune) la o capacitate maximă de 768 semnale.

Pentru echipamentele de calcul pe termocentrală este prevăzută o interfaţă cu procesul, care poate primi:

— 192 semnale analogice unificate (mA);
— 384 semnale binare.

Semnalele analogice racordate la echipamentele de interfaţă (SPOT) sînt controlate periodic la următoarele intervale:

— la 5 secunde pentru mărimile electrice: puteri, tensiuni, curenţi, frecvenţe;
— la 10 secunde pentru presiuni:
— la 20 secunde pentru debite, niveluri;
— la 60 secunde pentru temperaturi, analize chimice.

Semnalele binare sînt controlate la intervale de 0,01 secunde.

3. Funcţiile operative

Sistemele de calcul aferente unităţilor de 50 MW sînt prevăzute cu următoarele funcţii operative:

a. Afişarea la cererea operatorului a unor imagini momentane ale instalaţiilor tehnologice termomecanice sau electrice. Pentru o unitate formată dintr-un cazan de 420 t/h pe lignit şi o turbină DSL—50 se pot forma 40 imagini care prezintă simplificat o parte a schemei, indicînd starea celor mai importante elemente: (pornit — oprit sau închis — deschis), valoarea unora dintre parametrii măsuraţi şi situaţia parametrilor a căror ieşire din limitele funcţionării normale este supravegheată prin traductor binar (fig. 2 şi fig. 3).

b. *Afişarea la cerere a diagramelor cu bare (histograme).* Parametrii supravegheaţi de calculator sînt împărţiţi în grupe care cuprind 1—12 parametri diferiţi (fig. 4). Pentru fiecare parametru se reprezintă valoarea momentană, domeniul de măsură, valorile limită ale regimului de funcţionare normală. Diagrama oferă o apreciere a poziţiei valorii momentane

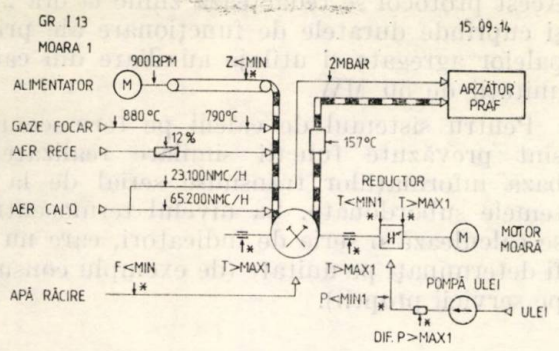


Fig 2. Imagine instalaţie — moara 1.
Notă.* Parametru > MAX (sau < MIN). În regim de funcţionare normală nu se afişează.

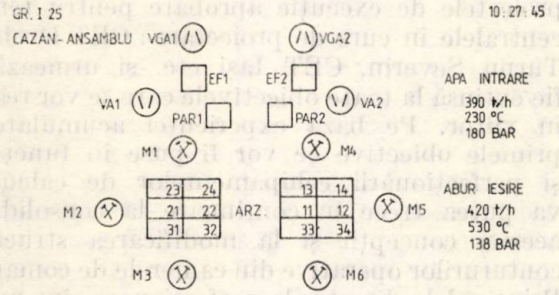


Fig. 3. Imagine — utilaje auxiliare cazan.
Notă : Utilajele în funcţiune sînt luminate intens.

a unui parametru faţă de limitele regimului de funcţionare normală. În cazul depăşirii unei limite parametrul respectiv este marcat cu o săgeată.

c. Afişarea la cerere a curbei de evoluţie în timp a unor parametri. Pentru un număr restrîns de parametri dintre cei mai importanţi se poate cere afişarea pe display a evoluţiei parametrului respectiv pe ultimele 16 min. În cazul depăşirii unei limite se indică şi valoarea maximă a depăşirii (fig. 5).

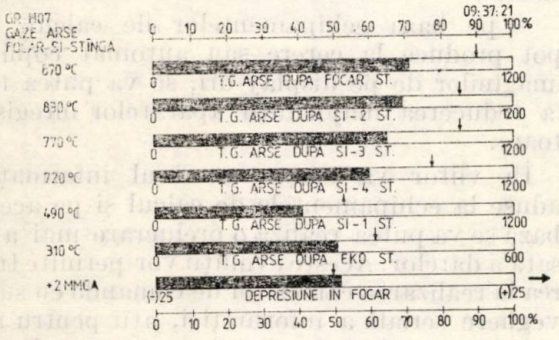


Fig. 4. Histograma — gaze arse — stînga cazan 420 t/h.

d. Afişarea la cerere a stării protecţiilor. Protecţiile împărţite pe grupe sînt supravegheate de sistemul de calcul. La cerere se poate afişa o grupă de protecţii, indicîndu-se starea (decuplată sau în funcţiune) şi existenţa sau absenţa, în acel moment, a semnalelor de protecţie.

e. Afişarea la cerere a stării permisiilor. Semnalele de permisie (care condiţionează pornirea agregatelor) împărţite pe grupe de permisii sînt supravegheate de sistemul de calcul.

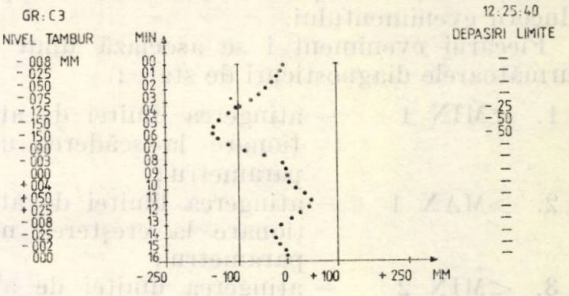


Fig. 5. Curba de evoluţie — nivel tambur cazan 420 t/h.

La cerere se poate afişa o grupă de permisii, indicîndu-se dacă sînt îndeplinite sau nu condiţiile de pornire.

f. Afişarea la cerere a unui grup de evenimente (fereastră mobilă). La cererea operatorului se afişează pe display un grup de 20 evenimente consecutive alese din ultimele 256 evenimente înscrise în protocolul de evenimente.

g. Afişarea la cerere a diagramelor de funcţionare. Operatorul poate cere afişarea pe display a unei diagrame de funcţionare pentru unul dintre agregatele principale : cazan sau turboagregat pe ziua în curs (fig. 6).

Sistemul de calcul pe termocentrală va fi prevăzut cu funcţii operative similare şi anume :

— afişarea unor imagini momentane ale instalaţiei tehnologice ;

— afişarea unor diagrame cu bare ;

— afişarea unui număr restrîns de curbe de evoluţie parametru ;

— afişarea stării protecţiilor agregatelor principale pe fiecare unitate ;

— afişarea la cerere a diagramelor de funcţionare ale agregatelor principale.

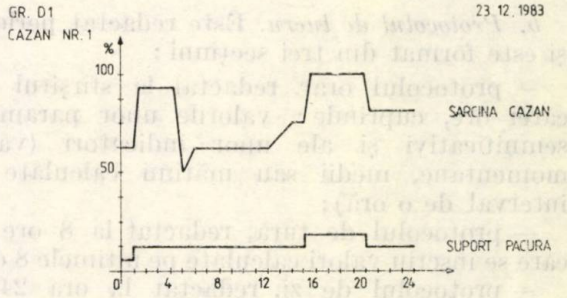


Fig. 6. Diagrama de funcţionare — cazan nr. 1.

4. Funcţiile neoperative

Sînt prevăzute următoarele funcţii neoperative pentru sistemele de calcul aferente unităţilor de 50 MW :

a. Protocolul de evenimente. Se înscriu automat în protocolul redactat pe maşina de scris

toate evenimentele supravegheate de calculator și anume : schimbări de stare (pornit — oprit sau închis — deschis), depășiri de limite, apariția unui semnal de protecție, acționarea unei protecții etc. și se indică momentul producerii evenimentului.

Fiecărui eveniment i se asociază unul din următoarele diagnosticuri de stare :

1. <MIN 1 — atingerea limitei de atenționare la scăderea unui parametru ;
2. >MAX 1 — atingerea limitei de atenționare la creșterea unui parametru ;
3. <MIN 2 — atingerea limitei de alarmare la scăderea unui parametru ;
4. <MAX 2 — atingerea limitei de alarmare la creșterea unui parametru ;
5. NORMAL — situația normală de lucru, regim de lucru etc. ;
6. PORNIT — agregat în funcțiune ;
7. OPRIT — agregat în repaos ;
8. CUPLAT — automatică în funcțiune ;
9. DECUPLAT — automatică scoasă, protecție scoasă etc. ;
10. INCHIS — organ de trecere închis ;
11. DESCHIS — organ de trecere deschis ;
12. DEFECT — motor defect, vană defectă etc. ;
13. SEMNAL — existența unui semnal de protecție ;
14. A LUCRAT — semnal de acționare a unei protecții ;
15. ÎN FUNCȚIUNE — protecție în funcțiune ;
16. ANCLANȘAT — întrerupător închis ;
17. DECLANȘAT — întrerupător deschis ;
18. INTERM — organ de trecere în poziție intermediară ;
19. DA — permisie realizată ;
20. NU — permisie nerealizată.

b. Protocolul de lucru. Este redactat periodic și este format din trei secțiuni :

— protocolul orar, redactat la sfîrșitul fiecărei ore, cuprinde : valorile unor parametri semnificativi și ale unor indicatori (valori momentane, medii sau mărimi calculate pe interval de o oră) ;

— protocolul de tură, redactat la 8 ore, în care se înscriu valori calculate pe ultimele 8 ore ;

— protocolul de zi, redactat la ora 24,00, în care se înscriu valori calculate pe ultimele 24 ore.

c. Protocolul duratelor de funcționare (de disponibilitate)

Acest protocol se redactează zilnic la ora 24,00 și cuprinde duratele de funcționare ale principalelor agregate și utilaje auxiliare din cadrul unității de 50 MW.

Pentru sistemul de calcul pe termocentrală sînt prevăzute funcții similare realizate pe baza informațiilor transmise serial de la sistemele subordonate. La nivelul termocentralei se calculează o serie de indicatori, care nu pot fi determinați pe unitate (de exemplu consumul pe servicii proprii).

5. Soluții pentru viitorul apropiat și în perspectivă

Concepția expusă mai sus este aplicată în proiectele de execuție aprobate pentru termocentralele în curs de proiectare : CET Drobeta-Turnu Severin, CET Iași etc. și urmează să fie extinsă la toate obiectivele care se vor realiza în viitor. Pe baza experienței acumulate la primele obiective ce vor fi puse în funcțiune și perfecționării echipamentelor de calcul se va putea trece în continuare la consolidarea acestei concepții și la modificarea structurii contururilor operative din camerele de comandă. Principalele direcții de perfecționare sînt următoarele :

— sporirea numărului display-urilor montate în camerele de comandă și reducerea substanțială a numărului aparatelor indicatoare ;

— introducerea display-urilor în structura pupitrelor de comandă, inclusiv a elementelor folosite pentru conversația cu sistemul de calcul ;

— pe baza echipamentelor de calcul, care pot produce la cerere sau automat copii ale imaginilor de pe display-uri, se va putea trece la reducerea majorității aparatelor înregistratoare.

În viitor va crește numărul informațiilor aduse la echipamentele de calcul și pe această bază se va putea realiza o prelucrare mai avansată a datelor. Aceste evoluții vor permite trecerea la realizarea camerelor de comandă cu supraveghere serială a informației, atît pentru noile obiective proiectate, cît și pentru modernizarea centralelor existente. În acest fel se va da o rezolvare completă și rațională problemelor cu care se confruntă în prezent proiectanții camerelor de comandă cu mijloace de automatizare convenționale, mijloace ajunse în prezent, în unele cazuri, la limita posibilităților lor obiective.

(Primit la 24 februarie 1984, acceptat la 29 august 1984)

Asupra eficienței proceselor de producere a energiei termice

Ing. Adrian Opriţoiu*

Introducere

Pentru fundamentarea ştiinţifică a opţiunilor privind producerea şi utilizarea diferitelor forme de energie, între care energia termică deţine o pondere majoră, este necesar să se cunoască valorile randamentelor, respectiv eficienţei, realizate la conversia şi la transportul diverselor forme de energie.

Aplicarea principiilor I şi II ale termodinamicii permite obţinerea valorilor teoretice maxime ale randamentului şi eficienţei pentru diferite conversii ale energiei, sau pentru procese ce cuprind o succesiune de conversii [1].

În lucrarea de faţă sînt examinate, pe baza eficienţei termodinamice, cîteva procedee actuale de obţinere a energiei termice, precum şi unele utilizabile în perspectivă. Se propune o primă ierarhizare a procedeelor considerate, conform mărimii eficienţei lor termodinamice. În vederea aplicaţiilor practice sînt indicate posibilităţile de creştere a eficienţei termodinamice şi implicit a eficienţei reale a proceselor, precum şi necesitatea cunoaşterii valorilor ambelor eficienţe şi a corelării lor.

1. Calculul eficienţei termodinamice

Eficienţa termodinamică a procesului de producere a energiei termice se defineşte ca raportul dintre energia transformată efectiv în căldură Q_a şi energia primară Q utilizată în acest scop. Notînd eficienţa termodinamică cu ε, avem $\varepsilon = Q_a/Q$.

Pentru calculul eficienţei termodinamice se consideră că transformarea tuturor formelor de energie, cu excepţia căldurii, se desfăşoară fără pierderi. Transformarea căldurii în energie mecanică, precum şi extracţia căldurii şi transportul ei de pe un corp mai rece pe altul mai cald, sînt legate de limitările sau pierderile termodinamice impuse de respectarea principiului II. Ciclurile tuturor maşinilor termice vor fi considerate cicluri Carnot, adică cicluri reversibile de randament maxim.

În continuare vom reda calculul eficienţei termodinamice pentru sistemele de încălzire actuale (cap. 2), precum şi pentru două sisteme posibile în viitor (cap. 3) [1], [2].

1.1. Conversie şi încălzire în centrala termică (CT) (fig. 1)

Conversia energiei primare Q (energia chimică a combustibilului) se consideră fără pierderi; rezultă un transfer integral de energie spre agentul termic $Q = Q_a$. Eficienţa va fi:

$$\varepsilon_1 = \frac{Q_a}{Q} = 1. \tag{1}$$

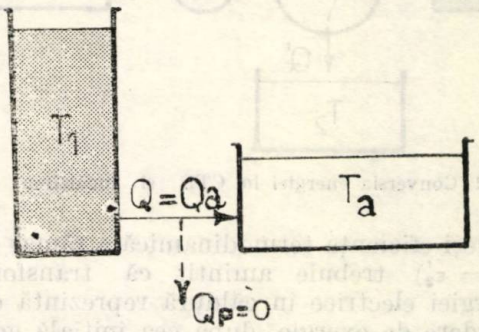


Fig. 1. Conversia energiei şi încălzirea agentului în CT.

Deşi transferul de energie spre agentul termic se face teoretic fără pierderi, transformarea duce totuşi la o pierdere de exergie. Energia termică obţinută va avea o capacitate de transformare diminuată corespunzător acestei pierderi.

1.2. Conversie în centrala termoelectrică şi încălzire electrică (fig. 2)

Se consideră cazul clasic al producerii energiei electrice în CTE de un generator antrenat de o maşină termică ce utilizează căldura Q generată de sursa de energie primară. Fie T_1 şi T_2 temperaturile absolute ale sursei calde, respectiv reci, ale maşinii termice (de exemplu $T_1 = 700$ K, $T_2 = 300$ K). Lucrul mecanic produs de maşina termică va fi:

$$L = Q\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right).$$

Notînd cu E energia electrică produsă, întrucît $E = L$, eficienţa termodinamică a producerii energiei electrice va fi:

$$\varepsilon_2' = \frac{E}{Q} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = \eta_{1.2}.$$

* Ing. Adrian Opriţoiu şef de lucrări la Institutul politehnic Cluj-Napoca.

Observăm că eficiența conversiei din CTE este egală cu randamentul teoretic al mașinii termice. Aceeași eficiență se obține și dacă energia electrică este transformată din nou în căldură.

Deoarece $E = Q_a$ avem :

$$\varepsilon_2 = \frac{Q_a}{Q} = 1 - \frac{T_2}{T_1}; \qquad (2)$$

Exemplu : $\varepsilon_2 = 1 - \frac{300\ \text{K}}{700\ \text{K}} = 0{,}57.$

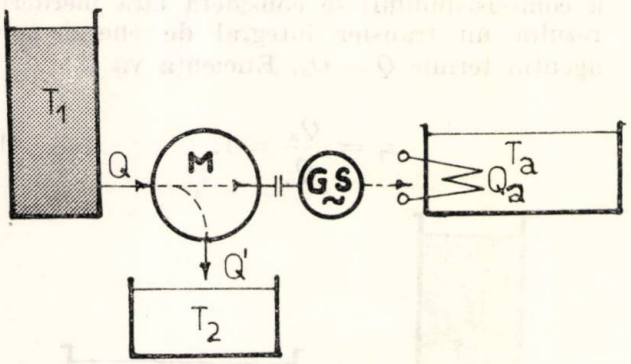


Fig.2. Conversia energiei în CTE și încălzirea electrică

Deși eficiența termodinamică a rămas aceeași ($\varepsilon_2 = \varepsilon_2'$) trebuie amintit că transformarea energiei electrice în căldură reprezintă o nouă pierdere de exergie, după cea inițială generată de arderea combustibilului.

1.3. Conversie și încălzire cu agent din centrala electrică cu termoficare (CET) (fig. 3)

În cazul termoficării, centrala produce concomitent energie electrică și energie termică. Căldura netransformată a mașinii termice nu mai este în acest caz evacuată în mediul ambiant, ci se utilizează pentru încălzire, fapt pentru care temperatura ei de ieșire trebuie să crească de la valoarea T_2 la T_a (de exemplu T_a=348 K). Creșterea temperaturii sursei reci a mașinii termice duce la pierderea unei cantități de lucru mecanic L' dată de relația :

$$L' = Q_a \frac{T_a - T_2}{T_a}.$$

Pentru suplinirea acestei „pierderi", care ne permite însă valorificarea căldurii netransformate, mașina termică va trebui să primească o cantitate de căldură Q', egală cu $L'/\eta_{1,2}$. Astfel :

$$Q' = Q_a \frac{T_a - T_2}{T_a} \cdot \frac{1}{1 - \frac{T_2}{T_1}}.$$

Eficiența producerii căldurii prin termoficare va fi :

$$\varepsilon_3 = \frac{Q_a}{Q'} = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \frac{T_a}{T_a - T_2}. \qquad (3)$$

Exemplu :

$$\varepsilon_3 = \left(1 - \frac{300\ \text{K}}{700\ \text{K}}\right) \frac{348\text{K}}{348\ \text{K} - 300\ \text{K}} = 4{,}14.$$

Pentru aceleași valori T_1, T_2 adoptate anterior, eficiența încălzirii prin termoficare rezultă mult mai ridicată.

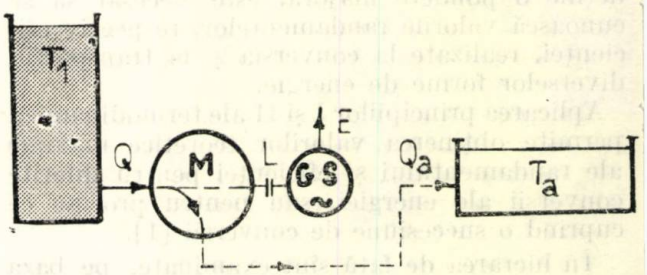


Fig. 3. Conversia energiei în CTE și încălzirea prin termoficare.

Se știe că și pompele termice sînt capabile să realizeze eficiențe ridicate. În continuare se vor calcula eficiențele a două sisteme de încălzire cu pompe termice, ambele utilizînd pentru început ca sursă de căldură mediul ambiant.

1.4. Extragerea căldurii cu pompă de căldură acționată electric (fig. 4)

Se va considera că pompa termică lucrează după un ciclu Carnot invers. Ea este acționată electromecanic utilizînd curent electric produs în CTE.

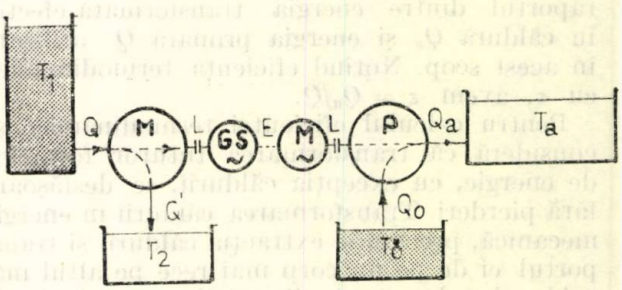


Fig. 4. Extragerea căldurii cu pompă termică acționată electric.

Căldura cedată de pompă, la temperatura T_a, agentului de încălzire va fi :

$$Q_a = L_p \frac{T_a}{T_a - T_0},$$

în care :

L_p este lucrul mecanic necesar antrenării pompei ;

T_0 — temperatura ambiantă (fie T_0=273 K).

Deoarece $L_p = E = L$, iar $L = Q(1 - T_2/T_1)$, putem scrie:

$$Q_a = Q\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)\frac{T_a}{T_a - T_0},$$

iar eficiența va fi:

$$\varepsilon_4 = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)\frac{T_a}{T_a - T_0}; \qquad (4)$$

Exemplu:

$$\varepsilon_4 = \left(1 - \frac{300\ \text{K}}{700\ \text{K}}\right)\frac{348\ \text{K}}{348\ \text{K} - 273\ \text{K}} = 2{,}85.$$

Comparînd relațiile (3) și (4) se vede că dacă $T_2 < T_0$, atunci $\varepsilon_3 > \varepsilon_4$, adică eficiența termoficării este mai ridicată. Condiția $T_2 > T_0$ este îndeplinită întotdeauna, temperatura de evacuare a căldurii netransformate T_2, trebuind să depășească mereu temperatura ambiantă T_0.

În cazul în care pompa de căldură extrage căldură de la o sursă refolosibilă, cu temperatura $T_0' > T_0$, dacă $T_0' = T_2$, ε_4 devine, de exemplu:

$$\varepsilon_4 = \left(1 - \frac{300\ \text{K}}{700\ \text{K}}\right)\frac{348\ \text{K}}{348\ \text{K} - 300\ \text{K}} = 4{,}14,$$

respectiv $\varepsilon_4 = \varepsilon_3$. În mod evident, cînd $T_2' > T_2$ rezultă $\varepsilon_4 > \varepsilon_3$, adică eficiența sistemului cu pompă termică acționată electric o depășește pe cea a termoficării, dacă temperatura sursei refolosibile T_0' este mai mare decît temperatura de evacuare a căldurii netransformate a mașinii termice din centrală, T_2.

1.5. Extragerea căldurii cu pompă acționată de o mașină termică (fig. 5)

Mașina termică cuplată direct cu pompa de căldură poate ceda agentului termic căldura netransformată în lucru mecanic Q_{a1}, care se adaugă la căldura extrasă de pompă din mediul ambiant, Q_{a2}:

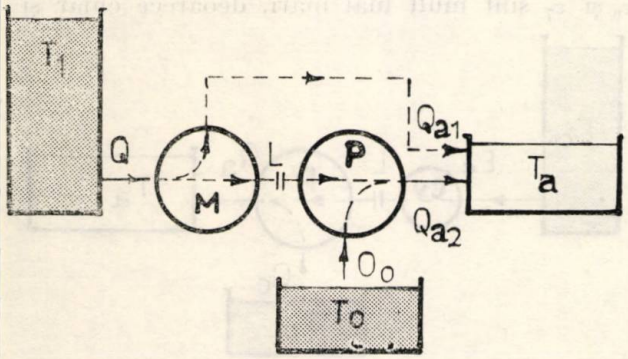


Fig.5. Extragerea căldurii cu pompă acționată termomecanic.

Pentru a putea ceda căldură pentru încălzire, temperatura sursei reci a mașinii termice M trebuie ridicată de la T_2 la valoarea T_a.

Aceasta duce la scăderea lucrului mecanic produs de mașina M de la $L = Q\ (1 - T_2/T_1)$ la valoarea $L'' = Q(1 - T_a/T_1)$. Căldura netransformată a mașinii M, cedată agentului termic va fi în acest caz $Q_{a1} = Q \cdot T_a/T_1$.

Căldura extrasă de pompă din mediul ambiant, cheltuind lucrul mecanic L'' va fi:

$$Q_{a2} = L''\frac{T_a}{T_a - T_0} = Q\left(1 - \frac{T_a}{T_1}\right)\frac{T_a}{T_a - T_0}.$$

Căldura totală primită de agentul termic fiind $Q_{a1} + Q_{a2}$, rezultă eficiența termodinamică $\varepsilon_5 = (Q_{a1} + Q_{a2})/Q$. Înlocuind pe Q_{a1}, Q_{a2} se obține:

$$\varepsilon_5 = \left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right)\frac{T_a}{T_a - T_0}; \qquad (5)$$

Exemplu:

$$\varepsilon_5 = \left(1 - \frac{273\ \text{K}}{700\ \text{K}}\right)\frac{348\ \text{K}}{348\ \text{K} - 273\ \text{K}} = 2{,}83.$$

Comparînd relațiile (4) și (5) rezultă că deoarece $T_2 > T_0$, avem $\varepsilon_4 < \varepsilon_5$ sau $\varepsilon_5 > \varepsilon_4$. Eficiența termodinamică a pompei de căldură cu motor termic și recuperarea căldurii netransformate este deci mai mare decît eficiența pompei de căldură acționate electric, dacă este extrasă căldură dintr-o sursă cu temperatura $T_0 < T_2$, de exemplu din mediul ambiant.

Comparînd relațiile (3) și (5), precum și valorile calculate ale lui ε_3 și ε_5, rezultă, de asemenea, că $\varepsilon_3 > \varepsilon_5$.

Prin urmare, eficiența încălzirii cu căldură extrasă din mediul ambiant atît cu pompe acționate cu motor termic (ε_5), cît și cu pompe acționate electric (ε_4) este mai redusă decît eficiența încălzirii prin termoficare (ε_3); $\varepsilon_3 > \varepsilon_5 > \varepsilon_4$. În situația în care pompele termice folosesc surse cu temperatura $T_0' > T_0$ (de exemplu surse de căldură reziduală) și dacă $T_0' > T_2$, atunci $\varepsilon_3 < \varepsilon_4 < \varepsilon_5$. Exemplu: Fie $T_0' = 305\text{K} > T_2$; din relațiile (4) și (5) găsim $\varepsilon_4 = 4{,}62$ și $\varepsilon_5 = 4{,}56$, față de $\varepsilon_3 = 4{,}14$.

2. Posibilități de mărire a eficienței termodinamice

Eficiențele totale ale sistemelor de producere a căldurii cu pompe termice considerate mai sus se pot scrie:

$$\varepsilon_4 = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)\frac{T_a}{T_a - T_0} = \eta_{1,2} \cdot \varepsilon_p;$$

$$\varepsilon_5 = \left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right)\frac{T_a}{T_a - T_0} = \eta_{1,0} \cdot \varepsilon_p,$$

unde:

$\eta_{1.2}$, $\eta_{1.0}$ și ε_p sînt randamentul unei mașini termice de tip Carnot, respectiv eficiența unei pompe de căldură lucrînd după un ciclu Carnot invers.

O primă posibilitate de mărire a eficiențelor totale ε_4 și ε_5 este mărirea eficienței proprii a pompei termice ε_p. Scriind $\varepsilon_p = 1/(1 - T_0/T_a)$ rezultă că majorarea lui ε_p se poate face fie prin reducerea temperaturii de încălzire T_a, fie prin majorarea temperaturii sursei de căldură a pompei (T_0, T_0'), fie prin ambele metode. Practic, T_a ar putea fi scăzut prin utilizarea unor sisteme de încălzire ce necesită temperaturi mai reduse ale agenților termici, iar T_0 — majorat prin extragerea căldurii din surse cu temperaturi superioare temperaturii ambiante.

Cea de a doua posibilitate, bazată pe mărirea randamentului η al mașinii termice M, este mai greu de realizat, creșterea randamentelor maxime actuale fiind costisitoare și limitată de mai mulți factori. Subliniind necesitatea și importanța economică actuală a realizării unor randamente maxime ale mașinilor termice, se ia totuși în considerare, ca soluție de perspectivă, realizarea conversiei directe a diferitelor forme de energie în energie electrică, fără veriga termică intermediară, care datorită randamentelor Carnot $\eta_{1.2}$, $\eta_{1.0} < 1$, reduce întotdeauna în mod drastic valoarea eficienței totale. Energia electrică obținută prin conversie directă ($\eta \simeq 1$) ar îmbunătăți considerabil eficiența tuturor procedeelor ei de utilizare și în primul rînd extragerea căldurii cu pompe termice.

2.1. Pompă termică acționată cu energie de conversie directă (fig. 6)

Se consideră conversia directă a energiei primare în energie electrică realizată teoretic fără pierderi, astfel încît $Q = E$.

Convertorul poate fi o pilă de combustie, o baterie solară fotovoltaică etc. Energia electrică generată de el se consideră integral utilizată pentru antrenarea pompei termice, $E = L_p$.

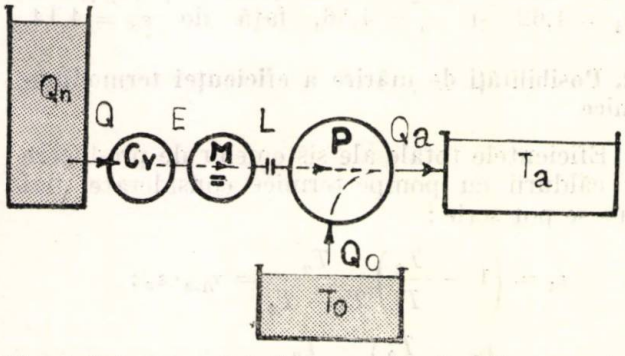


Fig. 6. Extragerea căldurii cu pompă acționată cu energie de conversie directă.

Căldura cedată de pompă agentului termic este $Q_a = L_p \cdot T_a/(T_a - T_0) = Q \cdot T_a/(T_a - T_0)$ iar eficiența totală a sistemului:

$$\varepsilon_6 = \frac{Q_a}{Q} = \frac{T_a}{T_a - T_0} = \varepsilon_p. \qquad (6)$$

$$\text{Exemplu: } \varepsilon_6 = \frac{348\ \text{K}}{348\ \text{K} - 273\ \text{K}} = 4{,}64.$$

Se observă că eficiența totală a sistemului ε_6 a devenit egală cu eficiența pompei termice însăși, ε_p.

2.2. Pompa termică acționată cu energie mecanică dintr-o sursă naturală (fig. 7)

Energia pentru acționarea pompei termice ar putea fi în acest caz furnizată de către o turbină eoliană sau hidraulică. Deoarece și în acest caz $Q = L_p$, eficiența va fi:

$$\varepsilon_7 = \frac{Q_a}{Q} = \frac{T_a}{T_a - T_0} = \varepsilon_p. \qquad (7)$$

$$\text{Exemplu: } \varepsilon_7 = 4{,}64,$$

adică aceeași ca și la acționarea cu energie de conversie directă.

Comparînd relațiile (4), (5), (6) și (7) se vede că deoarece $\eta_{1.2}$, $\eta_{1.0} < 1$, rezultă $\varepsilon_6 = \varepsilon_7 > \varepsilon_4$, ε_5, adică eficiența sistemului de încălzire cu pompă termică antrenată cu energie de conversie directă, respectiv cu energie mecanică provenită dintr-o sursă naturală, depășește net eficiențele celorlalte sisteme cu pompe termice. Mai mult chiar, conform exemplului numeric, eficiența $\varepsilon = \varepsilon_p$ ar depăși orice eficiență a unui sistem de încălzire, mai ales dacă se utilizează căldură reziduală cu temperatura $T_0' > T_2$. Acest rezultat, deși în general valabil, nu trebuie totuși absolutizat. Astfel, dacă în cazul termoficării s-ar mări temperatura sursei calde a mașinii termice de la $T_1 = 700$ K la $T_0' = 836$ K s-ar obține $\varepsilon_3' = 4{,}64$, adică aceeași eficiență.

Nemaifiind limitate de către randamentele Carnot, posibilitățile de creștere a eficiențelor ε_6 și ε_7 sînt mult mai mari, deoarece chiar și

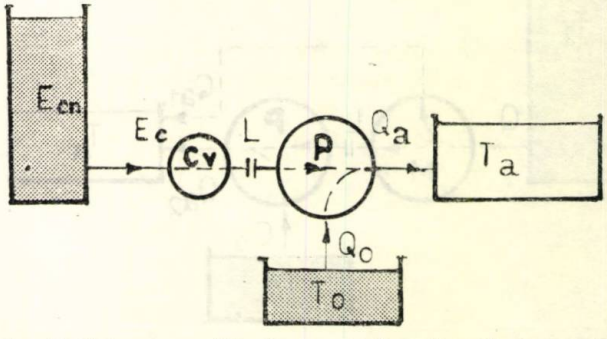


Fig. 7. Extragerea căldurii cu pompă acționată cu energie mecanică naturală.

o ușoară reducere a ecartului $T_a - T_0$ mărește considerabil eficiența pompei termice $\varepsilon_p = \varepsilon_6 = \varepsilon_7$. Se menționează că rezultatele de mai sus sînt valabile în situațiile în care energia electrică marginală se produce din sursele menționate, fără treapta termică de conversie a energiei primare. Asemenea situații se pot întîlni în zone sau la obiective fără legături cu sistemul electroenergetic, în care energia marginală se produce prin conversie termodinamică.

3. Eficiență termodinamică și eficiență reală

Din cazurile studiate se poate exprima eficiența totală a unui sistem ce realizează diferite conversii de energie și extracții de căldură, sub forma unui produs de randamente și de eficiențe, așa cum apare în relațiile (3) — (7).

$$\varepsilon_{\text{termodin}} = \Pi \eta_i \, \varepsilon_j. \tag{8}$$

Eficiența reală va fi la rîndul ei :

$$\varepsilon_{\text{real}} = \Pi \eta_{i,r} \, \varepsilon_{j,r}. \tag{9}$$

Se știe că, datorită ireversibilității ciclurilor reale și a celorlalte pierderi de energie, randamentul sau eficiența reală a fiecărei conversii, respectiv extracții de energie au valori mai reduse decît corespondentele lor termodinamice :

$$\eta_{i,r} < \eta_i, \tag{10}$$

$$\varepsilon_{j\,r} < \varepsilon_j. \tag{11}$$

Înmulțind membru cu membru cele două inegalități obținem :

$$\Pi \eta_{i,} \, \varepsilon_{j,r} < \Pi \eta_i \varepsilon_j ; \tag{12}$$

sau

$$\varepsilon_{\text{real}} < \varepsilon_{\text{termodin}}. \tag{13}$$

Pentru sisteme ca cele din lucrarea de față, care realizează o singură extracție a căldurii, relația generală (12) devine :

$$\varepsilon_{p,r} \, \Pi \, \eta_{i,r} < \varepsilon_p \, \Pi \, \eta_i, \tag{14}$$

în care :

$\varepsilon_{p,r}$ este eficiența reală a extracției căldurii ;

ε_p — eficiența termodinamică respectivă.

Efectul randamentelor conversiilor succesive fiind cumulativ, odată cu creșterea numărului de conversii se reduce eficiența termodinamică și mai ales eficiența reală a sistemului.

Eficiențele și randamentele reale depind de cele termodinamice, chiar dacă ne gîndim numai la faptul că ele variază simultan și în același sens și că valorile maxime ale eficiențelor și randamentelor reale sînt în mod obiectiv limitate de valorile corespunzătoare ale eficiențelor și randamentelor termodinamice. De aceea, numai utilizarea unor procedee cu eficiență termodinamică cît mai ridicată deschide perspectiva realizării unor eficiențe reale maxime.

4. Concluzii

Calcularea eficienței termodinamice permite compararea unor procedee foarte diverse de producere a energiei termice, bazate pe conversii succesive ale energiei primare. Interpretarea relațiilor și a valorilor numerice ale eficienței termodinamice permite formularea următoarelor concluzii :

— Eficiența cea mai scăzută aparține sistemului de încălzire cu energie electrică produsă în CTE ($\varepsilon_2 < 1$), urmată apoi de eficiența sistemului de încălzire cu agent produs în centrala termică ($\varepsilon_1 = 1$).

— În locul utilizării energiei electrice pentru încălzire, apare mult mai avantajoasă, ca eficiență, folosirea energiei electrice pentru antrenarea pompelor de căldură (ε_4, $\varepsilon_5 \gg \varepsilon_2$).

— Pompele termice care extrag căldura din mediul ambiant realizează o eficiență mai redusă decît cea a producerii căldurii prin termoficare ($\varepsilon_3 > \varepsilon_4$, ε_5).

— Eficiența încălzirii cu pompă termică o depășește pe cea a termoficării dacă pompa poate utiliza pentru extracție o sursă de căldură reziduală cu temperatură mai ridicată decît temperatura T_2 a sursei reci a mașinii termice ($\varepsilon_3 < \varepsilon_4$, ε_5).

— Sistemul de încălzire cu pompă acționată de motor termic și cu recuperarea căldurii netransformate a motorului are o eficiență superioară față de sistemul cu pompă termică acționată electric ; dacă se utilizează ca sursă termică mediul ambiant $\varepsilon_5 > \varepsilon_4$, (dacă $T_0 < T_2$).

— Utilizarea energiei electrice de conversie directă sau a energiei mecanice naturale, pentru acționarea pompei termice, permite realizarea unor eficiențe ridicate, chiar cînd sursa de căldură o constituie mediul ambiant (ε_6, $\varepsilon_7 > \varepsilon_4$, ε_5).

Din cele de mai sus rezultă o primă ierarhizare, după criteriul eficienței termodinamice, a sistemelor de producere a energiei termice, analizate. Acestea se clasează astfel, în ordinea mărimii eficienței :

1 — sistemul cu pompă de căldură acționată cu energie de conversie directă sau cu energie mecanică naturală ;

2 — sistemul cu pompă de căldură acționată electric și extracție de căldură reziduală, la temperaturi mai mari decît cea a sursei reci a mașinii termice din centrală ($T_0' > T_2$) ;

3 — idem, sistemul cu pompă de căldură acționată de motor termic ($T_0' > T_2$) ;

4 — sistemul de producere a căldurii prin termoficare;
5 — sistemul cu pompă de căldură acționată de motor termic și extracția căldurii din mediul ambiant;
6 — sistemul cu pompă de căldură acționată electric și extracția căldurii din mediul ambiant;
7 — sistemul de producere a agentului în centrala termică;
8 — sistemul de încălzire cu energie electrică produsă în CTE.

În cazul unor sisteme tehnice complexe, cum sînt de altfel și cele care produc energie termică, eficiența termodinamică nu va constitui unicul criteriu de apreciere. Mai intervin pe lîngă aceasta, valoarea întotdeauna mai redusă a eficienței reale, o serie de factori tehnici, economici etc. Luarea concomitentă în considerare a tuturor factorilor energetici, tehnico-economici etc. pentru o apreciere globală a calității unor sisteme tehnice se poate face cu ajutorul unor metode aparținînd analizei multicriteriale [3].

Față de eficiența reală, ale cărei valori pot varia mult, eficiența termodinamică se caracterizează prin valori relativ stabile, ce nu depind decît de tipul conversiilor realizate și de temperaturile agenților termodinamici.

Avînd în vedere universalitatea principiilor *I* și *II* pe care ea se bazează direct, caracterul stabil și univoc determinat al valorilor ei, posibilitatea corelării ei cu eficiența reală, *eficiența termodinamică* constituie un criteriu esențial, de prim rang, pentru evaluarea performanțelor energetice maxime ale sistemelor tehnice. Alături de valorile eficienței reale, dar și independent de acestea, eficiența termodinamică ne indică acele sisteme care pot valorifica în mod optim energia primară, permițînd de fapt economisirea ei.

Bibliografie

[1] *Blair I.M., ș.a.* Aspects of Energy Conversion, Pergamon Press London, New-York, Toronto, 1976
[2] *Oprițoiu A.* Implicațiile termodinamice ale realizării unor variante diferite de conversie a energiei. A XV-a Conferință de instalații, Sinaia, 1981
[3] *Oprițoiu, A.* Considerations sur une methode d'optimisation des decisions concernant la recuperation de l'energie, CEE — ONU, Colectivul asupra utilizării raționale a energiilor secundare în economie și îndeosebi în industrie, București 17—21 oct. 1983

(Primit la 30 septembrie 1983, acceptat la 29 august 1984)

Invenții — inovații*

(54) Titlul **Regulator automat de tensiune**

(72) Inventatori: ing. Vasile Budașcă, ing. Iuliu Boroș, Silviu Nicolau — București

(21) Dosar nr. :101108
(51) Clasificarea internațională: G 05 F 1/2
(11) Brevet România: 77853

(73) Titular: Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice — București

Invenția se referă la un regulator automat de tensiune pentru reglajul transformatoarelor sub sarcină.

Se cunosc regulatoare de tensiune realizate cu circuite magnetice comandate cu blocuri electronice, care prezintă dezavantajul instabilității în timp și la variații de temperatură. Regulatorul automat de tensiune înlătură dezavantajul de mai sus prin aceea că, în scopul reglajului transformatorului sub sarcină, este constituit dintr-un bloc de adaptare, care realizează adaptarea semnalului de intrare provenit de la transformatorul de măsură, un bloc redresor-filtru, care preia acest semnal și îl redresează, filtrează și amplifică, un bloc comparator — fereastră, care furnizează la ieșire semnale pozitive sau negative, atunci cînd semnalele de intrare se găsesc în afara unor limite prestabilite, o sursă de tensiune stabilizată pentru stabilirea consemnului, un bloc de comandă relee, la intrarea căruia se aplică salturile de tensiune pozitive sau negative, obținute la ieșirea comparatorului, atunci cînd tensiunea la intrarea regulatorului se abate cu o valoare mai mare decît valoarea zonei de instabilitate, un bloc generator de impulsuri, care furnizează impulsuri necesare pentru testare în laborator și impulsuri de lucru, un bloc de temporizare, care comandă funcționarea releelor la intervale de timp prestabilite și un bloc de blocare-relee, care furnizează semnal logic de comandă pentru blocarea releelor regulatorului, atunci cînd tensiunea aplicată la intrare depășește limitele normale ale benzii de funcționare, datorită unor defecțiuni apărute în sistemul energetic.

În figurile 1 și 2 este prezentat un exemplu de realizare a invenției.

Conform invenției, regulatorul este prevăzut cu un bloc de adaptare 1, care realizează adaptarea semnalului de intrare provenit de la transformatorul de măsură din sistem, la un nivel acceptabil pentru atacul blocului următor, realizînd, totodată, separarea galvanică a aparatului de restul instalației. Un bloc redresor-filtru 2 preia semnalul furnizat de blocul de adaptare 1, îl redresează într-un redresor monoalternanță, realizat cu un amplificator operațional și cu două diode redresoare. Semnalul redresat cu o bună linearitate este filtrat de un filtru RC și amplificat cu ajutorul unui amplifi-

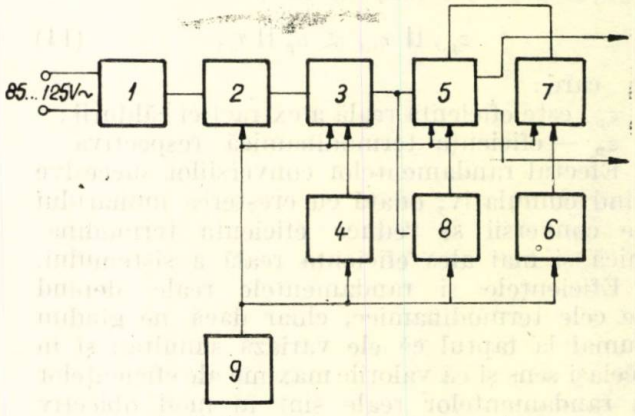


Fig. 1. Schema-bloc a regulatorului.

* Rubrică întocmită de ing. Constantin Văideanu — ICEMENERG

cator de curent continuu, realizat pe baza utilizării unui amplificator operațional și a două tranzistoare cu siliciu. Pentru mărirea stabilității în funcționare a aparatului, s-a introdus în amplificator o lupă electronică de măsură, care permite eliminarea domeniului inițial al tensiunii de intrare, anume 0...90 V.

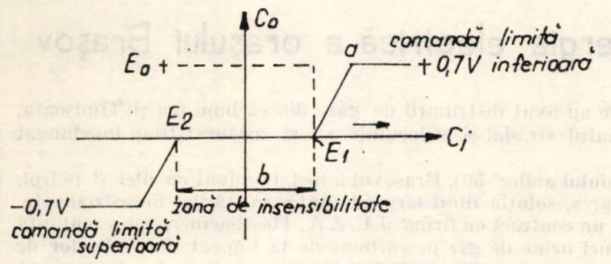


Fig. 2. Caracteristica statică de transfer.

În acest mod, pentru o variație a tensiunii de intrare în regulator de numai 1 V, va cuprinde o variație a tensiunii de ieșire la ieșirea amplificatorului de 250 mV.

Un bloc comparator—fereastră 3 are rolul de a furniza la ieșire semnale-treaptă, pozitive sau negative, atunci cînd semnalul de intrare se găsește în afara unor limite prestabilite. Astfel, blocul comparator-fereastră 3 realizează caracteristica statică de transfer a. Semnalul la intrarea blocului comparator-fereastră 3 este diferența dintre semnalul provenit de la o sursă de referință internă, de tensiune continuă și semnalul provenit de la amplificatorul de curent continuu, din ieșirea blocului redresor-filtru 2. Cînd această diferență depășește o valoare impusă, blocul comparator 3 furnizează o treaptă pozitivă sau negativă de tensiune, necesară comenzilor etajelor următoare. Comparatorul 3 include în schema sa electronică și componentele necesare pentru modificarea zonei de insensibilitate a regulatorului, prin modificarea ferestrei b. Comparatorul 3 este realizat pe baza utilizării a două amplificatoare operaționale integrate. Pentru stabilirea consemnului s-a prevăzut o sursă de tensiune stabilizată 4, reglată în 30 de trepte. Sursa este realizată pe baza utilizării unui circuit integrat regulator de tensiune și furnizează la ieșire o tensiune continuă pozitivă, care se aplică la intrarea comparatorului 3.

Salturile de tensiune pozitive sau negative obținute la ieșirea comparatorului-fereastră 3, atunci cînd tensiunea la intrarea regulatorului se abate cu o valoare mai mare decît valoarea zonei de insensibilitate, față de valoarea de consemn, se aplică la intrarea unui bloc de comandă relee 5. Acest bloc are următoarele roluri:

— să comande acționarea releelor de ieșire cînd se îndeplinesc condițiile de comandă;

— să comande funcționarea acestor relee în scopul testării bunei funcționări a aparatului, cu impulsuri cu frecvența 1 Hz;

— să comande funcționarea releelor în timpul funcționării reale în instalații, temporizat la 15, 30 și 60 s, cînd sînt îndeplinite condițiile de abatere a semnalului;

— să comande scoaterea din funcțiune a regulatorului cînd tensiunea la intrare scade sau crește în afara unor limite prestabilite (de exemplu, sub 90 V sau peste 120 V).

Toate aceste funcțiuni sînt realizate de blocul funcționare relee, în combinație cu funcționarea celorlalte blocuri logice, și anume un generator de impulsuri 6, un bloc de temporizare 7 și un bloc de blocare relee pentru limita superioară și inferioară 8. Blocul de comandă relee 5 este realizat cu circuite integrate și tranzistoare cu siliciu. Ieșirea din blocul comandă relee se face prin intermediul a două relee, care închid circuitele elementelor de execuție, ce comandă comutatorul cu ploturi al transformatorului reglat.

Generatorul de impulsuri este realizat cu circuite integrate și tranzistoare. Acest bloc furnizează impulsuri cu nivel TTL, cu perioada 0,3 s, necesare pentru testarea în laborator a regulatorului și impulsuri cu perioada 3 s, pentru prelucrarea în circuitele următoare, de temporizare. Impulsurile provenite de la generatorul de impulsuri 6 în poziția de „lucru" sau „test" se aplică blocului de temporizare ce are funcția de a comanda funcționarea releelor la intervale de timp prestabilite. Acest bloc permite emiterea de comenzi la ieșirea regulatorului la următoarele intervale de timp: 1, 15, 30 și 60 s.

Blocul pentru blocare relee pentru limita superioară și inferioară 8 a benzii de funcționare este realizat pe baza utilizării unui circuit integrat dublu comparator care furnizează semnal logic de comandă la ieșire, pentru blocarea releelor regulatorului, atunci cînd tensiunea aplicată la intrarea sa scade sub o valoare impusă sau crește peste o altă valoare impusă.

Blocul de alimentare 9 furnizează tensiuni stabilizate, necesare alimentării blocurilor electrice ale regulatorului.

Regulatorul, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

— stabilitatea parametrilor funcționali în timp și la variații cu temperatura;

— reducerea dimensiunilor de gabarit, a greutății și a consumului de metal;

— fiabilitate crescută;

— simplificarea citirilor și programărilor regulatorului;

— clasă de precizie ridicată;

— scoaterea automată din funcțiune a regulatorului, cînd, din motive tehnologice, tensiunea reglată depășește mult limitele de reglare (scade sub 85 V; crește peste 125 V).

BULETIN INFORMATIV

Minimonografii

Evoluţia iluminatului şi alimentării cu energie electrică a oraşului Braşov

Braşovul fiind printre primele oraşe din România care au avut distribuţii de gaze din cărbuni (ca şi Timişoara, Bucureşti, Cluj-Napoca şi Galaţi) are particularitatea că iluminatul stradal şi în locuinţe a fost asigurat timp îndelungat pe această cale.

Începînd de la mijlocul secolului trecut (sfîrşitul deceniului anilor' 50), Braşovul a fost iluminat cu ulei şi petrol. Trecerea la iluminatul cu gaze din cărbuni a însemnat un progres, soluţia fiind larg adoptată în ţările industrializate.

La 23 august 1862 primăria oraşului Braşov a încheiat un contract cu firma J.L. & A. Hessbaemer, reprezentantă a unei companii din Viena, pentru construirea şi exploatarea unei uzine de gaz pe cărbuni de la Căpeni şi a reţelelor de distribuţie. Amplasamentul uzinei a fost ales pe terenul orăşenesc din faţa Porţii Străzii Negre (pe acest loc în prezent se află magazinul „Universal").

Funcţionarea uzinei a început la 12 septembrie 1864, asigurîndu-se iluminatul stradal în Cetate şi pe strada C. Brîncoveanu din Schei, cu 183 de lămpi. Treptat reţeaua a fost extinsă pe strada Lungă (1865), cartierul Blumăna (1867), Schei (1880), pînă la Prund (1885) şi pe actualul Bd. Gh. Gheorghiu-Dej (1889). În total, în 1890 erau deja instalate 277 lămpi de stradă.

La 20 mai 1891 uzina de gaz, reţeaua şi exploatarea gazului au intrat în gestiunea primăriei oraşului Braşov, situaţie care s-a menţinut pînă în anul 1937.

Concomitent cu extinderea iluminatului stradal s-a extins şi alimentarea cu gaz a particularilor, în 1893 existînd 140 de locuinţe iluminate în acest fel.

La sfîrşitul secolului XIX, după executarea unor mari lucrări de modernizare, funcţionau circa 400 lămpi pentru iluminat stradal şi peste 3000 becuri (arzătoare) la particulari.

Din anul 1930 a început dezafectarea parţială, prin demolarea de rezervoare şi conducte, iar în anul 1983 funcţionarea uzinei a fost oprită cu totul.

★

Folosirea energiei electrice la iluminat a început din secolul trecut (1896) prin centrala termoelectrică instalată la fabrica de produse chimice, în prezent Rafinăria Braşov.

Dezvoltarea industrială rapidă a oraşului, a determinat instalarea mai multor centrale autoproducătoare, mai ales după 1918.

Cele mai importante au fost :

— centrala hidroelectrică Vulcan (1750 kW) pentru alimentarea Fabricii de Ciment „Temelia" (1912) ;

— centrala diesel electrică a întreprinderii IAR (1927), transformată în Uzinele Tractorul – Braşov (circa 2700 kW) ;

— centrala de energie electrică pentru industrie (1929), cea dintîi echipată cu turbogrupuri (circa 4800 kW), realizată cu scopul de a alimenta mai multe industrii.

Este de remarcat că această ultimă centrală, centrala Vulcan şi altele din jurul Braşovului au funcţionat în sistem, schimbînd energie în caz de necesitate. Din unele centrale autoproducătoare industriale, precum şi din centrale proprii ale unor instituţii importante se alimentau consumatorii particulari şi iluminatul stradal.

Lipsa unei centrale şi distribuţii publice era puternic resimţită, dar realizarea ei se găsea în condiţii economice dezavantajoase, deoarece toţi marii consumatori aveau centrale electrice proprii. Totuşi, primăria a reuşit să remedieze această situaţie prin concesiunea acordată Societăţii „Uzina Electrică Braşov", constituită cu capital suedez, care a pus în funcţiune în 1933 o centrală termoelectrică modernă, echipată cu două grupuri cu turbine cu abur tip Ljungström a 2100 kW/1400 kW.

Dezvoltarea rapidă a industriei oraşului a impus şi o alimentare din exterior, de la reţeaua electrică a Societăţii Concordia prin prelungirea în 1933 a liniei de 25 kV Azuga-Dîrste, pînă la noua centrală. Cele două centrale termoelectrice cu turboagregate sînt şi în prezent în funcţiune, după unele transformări şi remedieri efectuate pe parcurs.

După 1948 s-a dat o atenţie deosebită alimentării îndestulătoare cu energie electrică a oraşului Braşov. În anul 1949, „Sistemul-Muntenia" a fost interconectat cu „Sistemul – Braşov" la 60 kV, iar în anul 1953 s-a realizat o interconectare la 110 kV, legîndu-se CHE Moroeni (pusă în funcţiune în acel an) cu oraşul Braşov. Mai tîrziu, zona Braşov a fost cuprinsă în sistemele reţelelor de 220 kV şi 400 kV.

O nouă etapă în evoluţia energetică a oraşului Braşov o constituie începerea construirii în zona Braşov-Triaj a unei centrale de termoficare pe lignit, proiectată de ISPE – Bucureşti, care va fi echipată în prima etapă cu trei cazane de abur de 420 t/h şi două grupuri de 50 MW, cu turbine DSL, la care, în a doua etapă, se vor adăuga încă două grupuri de 120/150 MW.

Bibliografie : Istoria energeticii şi electrotehnicii în România, Ed. Tehnică, 1981 ; Monografia Municipiului Braşov ; documentaţii din Arhivele Statului ; documentaţii IRE – Braşov.

Ing. Paul Cartianu

Ing. Ioan Mozeş

C. MEREUȚĂ, V. ATHANASOVICI ȘI V. VASILUȚĂ. **Indreptarul inginerului energetician din întreprinderile industriale**. Editura tehnică, București — 1984, 548 p.

În contextul sarcinilor majore ce revin astăzi energeticii devin tot mai intense preocupările legate de ansamblul măsurilor care vizează economisirea energiei și combustibilului în industrie, în condițiile asigurării siguranței necesare, cu respectarea planurilor de producție. Realizarea independenței energetice presupune, printre altele, aplicarea unui întreg complex de măsuri, denumit generic „conservarea energiei".

Din acest punct de vedere este de subliniat că măsurile deja luate n-au epuizat nici pe departe rezervele importante care se impun valorificate, cu o însemnată pondere a resurselor energetice refolosibile.

„*Indreptarul inginerului energetician din întreprinderile industriale* — lucrare complexă și de înaltă ținută tehnică — încearcă pe această linie să contureze o concepție unitară și sistemică în domeniul problemelor energeticii industriale, pentru rezolvarea corectă a acestora. Căile folosite de autori pentru atingerea obiectivelor propuse au în vedere o tratare a energeticii industriale din punctul de vedere al teoriei sistemelor. Astfel, după definirea sistemului energetic industrial și stabilirea dublei sale subordonări, atît ca subsistem al SEN, cît și ca subsistem în cadrul sistemului industrial, a fost elaborat modelul general al structurii acestuia, valabil pentru toate întreprinderile și platformele industriale, indiferent de profilul acestora.

Ponderea cea mai mare a acestora o dețin problemele termoenergetice, justificat atît de faptul că în industrie forma de energie consumată este în special căldura, cît și de constatarea că aspectele termoenergeticii industriale sînt mai puțin tratate în literatura tehnică.

În structura lucrării sînt înglobate 16 capitole divizate în 5 părți, ultima incluzînd anexele.

Partea I se referă la conducerea sistemului energetic industrial. Astfel, după definirea sistemului energetic industrial și a structurii sale (cap. 1), se analizează structurile organizatorice ale compartimentelor energetice din întreprinderile industriale (cap. 2), iar în cap. 3 se prezintă funcțiile și activitățile caracteristice ale acestui sistem. Sînt expuse ecuațiile caracteristice de regimuri ale sistemului care, aplicate practic, permit relevarea căilor pentru realizarea unor importante economii energetice, prin reducerea componentelor de mers în gol și pornire. Se insistă în mod deosebit asupra caracterului de cercetare-dezvoltare al activității de elaborare a bilanțului energetic și a sistemelor de rezervare într-un sistem industrial dat, precum și asupra relațiilor specifice furnizor—consumator. Sînt prezentate metodele de determinare a eficienței economice a măsurilor de conservare a energiei și combustibilului, a alegerii formelor pentru purtătorii de energie, a naturii și parametrilor agenților termici utilizați.

Partea a II-a, cea mai dezvoltată, se ocupă de analiza subsistemelor energetice industriale din punctul de vedere al exploatării economice și cuprinde cinci capitole. Subsistemele energetice industriale alese de autori sînt : subsistemul combustibilului ars direct, al conversiei energiei combustibililor în apă caldă, apă fierbinte, abur și energie electrică, subsistemul energiei electrice utilizate direct în procesele tehnologice, subsistemul conversiei energiei electrice și căldurii în alte forme de energie și, în final, al resurselor energetice refolosibile (RER). Pentru fiecare subsistem energetic analizat s-au luat în considerare condițiile exploatării economice pe fiecare instalație componentă, insistîndu-se asupra repartiției economice a sarcinii pe agregate și aspectelor energetice care condiționează eficiența economică a exploatării, a modernizărilor. În capitolele acestei părți sînt incluse numeroase date și informații sub formă de tabele și nomograme, necesare determinării diferitelor categorii de pierderi, precum și influenței acestora asupra funcționării subsistemelor. În cadrul analizei RER se subliniază constatarea potrivit căreia resursele energetice refolosibile reprezintă, în numeroase cazuri, pierderi datorită imperfecțiunii, din punct de vedere energetic, a agregatelor tehnologice. Recuperarea și valorificarea acestor resurse trebuie deci analizată prin criteriile economice.

Partea a III-a a lucrării se referă la analiza sistemelor energetice industriale din punctul de vedere al menținerii și creșterii gradului de siguranță în exploatare (capitolele 9, 10, 11, 12).

Se expun criteriile principale de siguranță a instalațiilor, indicîndu-se și măsurile preventive și curative necesare. Se fac, de asemenea, referiri asupra încercărilor profilactice pe toate categoriile de instalații.

Partea a IV a îndreptarului este rezervată activităților și măsurilor rezultate din funcțiile conducerii sistemului energetic industrial. Se remarcă modelul conceput de autori privind componența și structura instalațiilor necesare unui punct de dispecer energetic industrial.

Ultima parte a cărții (a V-a) cuprinde în anexe, o serie de tabele cu date caracteristice, precum și unele exemple de calcul economic.

Așadar, un conținut cu o mare densitate de informații, care răspunde exigențelor actuale privind eficiența, conducerea, organizarea și exploatarea sistemelor energetice industriale. Fără a diminua valoarea cărții ne vom referi la cîteva aspecte conceptuale și de conținut, care ar putea fi avute în vedere la o nouă ediție. În capitolul 6 s-ar fi impus astfel și cîteva elemente legate de diminuarea efectelor regimului deformant și a celui nesimetric, fenomene frecvente în unele ramuri industriale. Plecînd de la faptul că asistăm la un proces continuu de informatizare n-ar fi fost lipsit de interes ca în conținutul cărții să se fi introdus elemente care privesc promovarea calculatoarelor de proces.

Deoarece rezerve importante de economisirea combustibilului și energiei se găsesc în concepția tehnologiilor și în perfecționarea organizării fluxurilor tehnologice, s-ar fi impus o mai accentuată corelare între tehnologii și energie, mai ales sub aspectul modernizării tehnologiilor, în scopul reducerii consumurilor energetice, al calității reparațiilor și al pregătirii energetice a personalului de deservire tehnologică.

Fără îndoială, date fiind obiectivele ce și le-au propus autorii, nu se puteau face imixtiuni în specificitatea fiecărui gen de industrie, dar s-ar fi putut face o trimitere și mai accentuată la prescripțiile, normativele și instrucțiunile MEE, în scopul sublinierii, și pe această cale, a relației furnizor—consumator. Așa cum s-a mai subliniat însă, toate acestea nu diminuează certa valoare a lucrării, ca un prețios instrument pentru personalul tehnico-inginerese din activitatea serviciilor energetice ale unităților industriale.

Avînd la bază o amplă bibliografie (95 titluri), la care se adaugă experiența proprie a autorilor în domeniul exploatării și cercetării instalațiilor energetice, cartea se constituie într-o premieră editorială, ceea ce îi va asigura atît o bună primire în rîndul specialiștilor, cît și rolul de stimulent pentru apariția unui număr sporit de lucrări în domeniul energeticii industriale.

Ing. Romulus Sfichi — IEIRIEDEET Suceava

CAROL NEUMAN, EDMOND NICOLAU, ANGHEL SCHOR. **Istoria sumară a dezvoltării științei**. Editura Politică, 1983, 748 p.

Autorii acestei lucrări, remarcabile prin întinderea și diversitatea ei, realizează o sinteză unitară, coerent sistematizată și logic prezentată.

Oamenii de știință care investighează cele mai complexe procese, adînciți frecvent în probleme aparent „particulare", „singulare" sînt aproape întotdeauna animați de dorința de a verifica „generalul" prin „particular" și invers. „Știința este, fără îndoială, arta de a manipula natura. Dar ea este, în același timp, un efort pentru a înțelege, pentru a răspunde la cîteva întrebări pe care, din generație în generație, oamenii n-au încetat să și le pună ..... Desigur, în cursul ultimelor trei secole noțiunea de „a cunoaște" a fost adeseori identi-

ficată cu aceea „de a ști să manevrezi" spunea Ilya Prigogine în cartea sa „Noua Alianță" (Editura Politică, 1984). Iar mai departe spune: „Astfel, știința se afirmă astăzi ca știință umană, știință făcută de oameni pentru oameni. În sînul unei populații cu practici cognitive diverse și bogate, știința noastră ocupă poziția singulară de ascultare poetică a naturii — în sensul etimologic în care poetul este un fabricant — de explorare activă, capacitate de manipulare și de calcul, dar, de asemenea, de respect față de natura căreia îi cere să vorbească".

Obiectivul pe care și l-a pus colectivul de autori, de a prezenta o „Istorie sumară a dezvoltării științei", a fost realizat, după părerea mea, în mod strălucit. Cartea nu se remarcă numai prin bogăția informațiilor, ci și prin preocuparea autorilor de a sistematiza aceste informații, integrîndu-le în curentele științifice care le-au generat, de a îngloba știința în evoluția societății, evidențiind interdependențele care apar între știință și societate.

Pentru a sublinia gradul de dificultate cu care au fost confruntați autorii, voi cita tot din lucrarea lui Ilya Prigogine „Noua alianță": „Problema începuturilor științei moderne constituie unul din acele puncte în care apare cu multă claritate insuficiența unei istorii a științelor care se limitează la factorii științifici".

Acestea fiind spuse, cum să abordăm istoria științelor? Se înfruntă două tradiții: aceea a lui Needham, Bernal, Hogben, Haldane, istorici englezi care au fost puternic influențați de întîlnirea cu istoricii sovietici la Londra în 1931 la al doilea Congres Internațional de Istorie a Științelor și a Tehnologiei, ale cărui lucrări au fost publicate sub titlul „Science at the Cross Road's", reeditat în 1971 la Londra, Frank Cass Edition și aceea întemeiată de Koyré, pentru care știința, ca fenomen intelectual, trebuie explicată prin factorii intelectuali, și, în speță, „prin renașterea unei forme de platonism". La toate acestea trebuie adăugate tendințele de exagerare a contribuțiilor naționale.

În aceste condiții este cu atît mai mare meritul autorilor care au asigurat o abordare obiectivă, proporționată și într-o manieră istorică.

După cum arată autorii înșiși în „Introducere", lucrarea încearcă să redea în mod concentrat constituirea și dezvoltarea științei, ca o cale superioară de cunoaștere a lumii și de acțiune umană.

Lucrarea tratează istoricul dezvoltării științei în trei părți:

Partea I, care prezintă procesul preluării de către știință a unor elemente specifice ale activității sociale, iar apoi închegarea științei în sistem, este divizată în trei capitole: 1) Achiziții premergătoare științei. Perioada preistorică. 2) Știința în gestație. Elaborări protoștiințifice. 3) Geneza științei. Antichitatea greacă. Sinteza aristotelică și perioada elenistă.

Partea a II-a cuprinde capitolele: 1) Relativă stagnare în știință (secolele IV—VIII e.n.). 2) Ascensiunea științei în Occidentul european. Influența arabă. 3) Renașterea și știința modernă. Sinteza newtoniană.

Partea a III-a a expunerii (secolele XIX și XX) tratează probleme care s-au ivit în condițiile expansiunii științei pe baza viziunii newtoniene, dificultățile generate de această viziune și evoluția în știința inițiată de teoria relativității, de mecanica cuantică și de cibernetică.

Lucrarea este dezvoltată pe 748 pagini, cuprinde o bogată bibliografie, un tabel cu principalele discipline științifice și un indice extins de persoane, cu principalele date biografice.

Autorii au expus „cunoștințe", care au dobîndit funcții explicative și demonstrative. În actuala etapă cînd dezvoltarea economică cunoaște o evoluție liniară, acumularea de cunoștințe cunoaște o dezvoltare exponențială.

Este elementar că în aceste condiții evoluția științei și tehnicii trebuie urmărită prin legitățile și interdependențele care o caracterizează.

„Dezvoltarea științei apare în lucrare", spun autorii, ca un proces obiectiv, alura curbei care marchează momentele ei caracteristice fiind determinată de interacțiunile diferitelor elemente interioare sistemului științei și tehnicii, interacțiune stimulată sau nu de împrejurări istorico-sociale, geografice ș.a. Printre aceste împrejurări, comunicațiile, schimburile de produse, implicit invențiile, călătoriile de studii ale oamenilor de știință, sesiunile științifice, congresele oamenilor de știință, schimburile de profesori și conferențiari pe anumite perioade, difuzarea largă a publicațiilor științifice se dovedesc a avea un rol catalizator apreciabil. Îngrădirile, pe temeiuri economice sau politice, au, dimpotrivă, un rol inhibant. Momentele cruciale în dezvoltarea științei — elenistic, arab, Renaștere, newtonian, relativist și cuantic, actuala evoluție tehnico-științifică — sînt mărturii ale rolului catalizator al schimburilor".

Autorii, în preocuparea lor de a cuprinde cît mai mult, deși evidențiază rolul științelor interdisciplinare, n-au acordat un spațiu suficient acestor științe care cunosc o dezvoltare fără precedent. Aș exemplifica cu energetica, prin excelență o știință interdisciplinară, cu mari implicații în dezvoltarea societății.

Este de la sine înțeles că o lucrare de asemenea dimensiuni a necesitat o amplă documentare, sarcină pe care autorii au îndeplinit-o cu mult succes.

Caracterul enciclopedic al lucrării, în condițiile existenței unui puternic spirit de sinteză, nu a diluat lucrarea, ci din contră i-a amplificat consistența, caracterul științific.

Autorii au dovedit o foarte bună cunoaștere a evoluției științei și tehnicii, a sistemelor filosofice și economice, a interconexiunilor dintre ele, ceea ce se reflectă în lucrare prin sublinierea pregnantă a ideilor care au dominat diferitele etape ale evoluției societății umane.

Lucrarea este scrisă într-un stil cursiv, incitant, laconic, ceea ce invită cititorul la meditație.

Lucrarea se înscrie printre cele mai bune de acest gen existente pe plan mondial, prezentînd o importanță deosebită pentru noi românii, deoarece reflectă în mod judicios contribuția științei și tehnicii românești.

„Istoria sumară a dezvoltării științei", poate fi folositoare oamenilor de știință, specialiștilor în tehnică, economie, filozofie, studenților de la institutele politehnice și economice, tuturor acelora care împărtășesc părerile autorilor că „Știința progresează deoarece are curajul să-și recunoască propriile erori, manifestă o admirație reținută față de succesele sale, inclusiv recente, și recunoaște ceea ce datorează trecutului".

Prof. dr. doc. ing. V.I. Nitu — I.P. București

P. DINCULESCU, D. COMȘA, I. ȘORA. **Utilizări ale energiei electrice și instalații electrice**. Editura didactică și pedagogică, București, 1983, 312 p.

În seria manualelor de nivel tehnic superior din domeniul energeticii lucrarea cu titlul de mai sus își găsește un loc binemeritat. Abordînd o largă paletă din cele mai importante utilizări ale energiei electrice, precum și partea esențială a instalațiilor electrice de alimentare a acestora, cartea reușește să se constituie într-o monografie ce poartă amprenta unei analize bine orientate spre problemele majore ale domeniilor investigate.

Dezvoltarea industrială fără precedent a economiei naționale este indisolubil legată de creșterea importantă a consumului de energie în general și a celui de energie electrică în special. Odată cu creșterea substanțială a prețului unitar al combustibilului se impune, din ce în ce mai mult, economisirea energiei, utilizarea ei rațională. În acest context, în ultimii ani, în fața tuturor categoriilor de energeticieni a stat sarcina de a gospodări cît mai chibzuit, mai eficient energia, de a evita pierderile, de a recupera, în cît mai mare măsură posibil, energia reziduală a unor procese tehnologice.

Avînd drept idei călăuzitoare dezideratele mai sus expuse, lucrarea la care ne referim conține, într-un număr relativ redus de pagini în raport cu vastitatea problematicii abordate, un material de o mare densitate de informații, cu un pronunțat caracter de aplicabilitate, într-o ținută științifică deosebit de elevată.

Cartea este structurată pe 7 capitole, dintre care un capitol se referă la instalațiile electrice industriale, un capitol se ocupă de problemele de electrosecuritate în instalațiile electrice industriale, iar restul sînt rezervate problemelor utilizării energiei electrice în scopuri industriale și în domeniul iluminatului.

Astfel, capitolul 1 tratează problemele utilizării energiei electrice în instalații electrotermice: cuptoare electrice cu rezistoare, cu arc electric, cu inducție, capacitive și cu microunde și, în final, cu fascicul de electroni.

Capitolul 2 se ocupă de instalațiile electrochimice : electroliza și acumulatoare electrice, iar capitolul 3 este rezervat iluminatului electric : fotometrie, corpuri de iluminat, calculul iluminatului interior, exterior și general, sisteme de iluminat, lămpi electrice și sisteme de scheme de alimentare a lămpilor electrice din rețea.

Capitolul 4 se ocupă de instalațiile electrice industriale : tipuri de receptoare electrice ale întreprinderilor industriale și caracteristicile lor, alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale, rețele electrice de joasă tensiune la consumator, solicitări în rețelele electrice de joasă tensiune, pierderi de tensiune în rețelele electrice de joasă tensiune, alegerea conductelor, cablurilor și barelor pentru liniile electrice, alegerea aparatelor de comutație, alegerea aparatelor de protecție la suprasarcină, alegerea aparatelor de protecție împotriva scurtcircuitelor, corelarea caracteristicilor aparatelor de protecție în rețeaua de joasă tensiune și, în final, verificarea rețelei de joasă tensiune la pierderea de tensiune.

În capitolul 5 al cărții sînt prezentate problemele de electrosecuritate în instalațiile electrice industriale : corpul omenesc și pămîntul — conductoare electrice, efectele acțiunii curentului electric asupra organismului uman, posibilități de contact electric accidental în instalațiile electrice de joasă tensiune, mijloace de protecție împotriva electrocutării (protecția prin legare la pămînt, prin legare la nul, prin deconectare automată rapidă, separarea de protecție și, în final, prin egalizarea potențialelor).

Capitolul 6 este rezervat problemelor utilizării raționale a energiei electrice în legătură cu îmbunătățirea factorului de putere și reducerea efectelor regimului nesinusoidal (deformant).

După prezentarea problemelor generale privind factorul de putere și regimul deformant sînt analizate și clarificate următoarele aspecte ale regimului reactiv și deformant din instalațiile electrice industriale : cauzele circulației puterii reactive, efectele circulației de putere reactivă, mijloace și măsuri pentru reducerea consumului și circulației nerationale de putere reactivă (măsuri de natură tehnico-organizatorică și utilizarea mijloacelor specializate de compensare a puterii și energiei reactive — baterii de condensatoare și compensatoare sincrone), eficiența economică a compensării puterii și energiei reactive, cauzale și efectele regimului deformant și, în final, mijloace pentru reducerea regimului deformant (filtre absorbante și, respectiv, refulante).

Ultimul capitol al cărții se ocupă de problemele tehnice ale sistemelor de iluminat electric privite prin prisma utilizării raționale a energiei electrice : creșterea performanțelor lămpilor electrice, optimizarea aparatelor de iluminat, sisteme integrate iluminat — încălzire — climatizare, exploatarea eficientă a instalațiilor de iluminat, creșterea frecvenței tensiunii de alimentare la lămpile fluorescente tubulare și, în final, variatoare de iluminare.

Din conținutul cărții, așa cum a fost trecut în revistă, rezultă că manualul abordează într-adevăr o gamă foarte variată de probleme din domeniul utilizării energiei electrice și completează în mod fericit lucrările referitoare la alte domenii de utilizare a energiei electrice și la echipamentele electrice (acționări electrice, tracțiune electrică, mașini electrice, aparate electrice) apărute sau în curs de apariție la noi în țară și care sînt destinate perfecționării personalului muncitor din învățămînt și producție.

Lucrarea se adresează cu precădere profesorilor care predau discipline din profilul electric sau energetic în liceele de specialitate, inginerilor, subinginerilor și maiștrilor din activitatea de energetică industrială și, în egală măsură, studenților energeticieni.

În acest scop, un merit deosebit al lucrării constă și în faptul că în majoritatea capitolelor au fost incluse și aplicații numerice reprezentative, care permit conexiunea teoriei expuse cu problemele practice.

Volumul limitat al lucrării a impus autorilor selectarea temelor tratate, astfel încît să se asigure o orientare de ansamblu asupra problematicii domeniului analizat și sublinierea chestiunilor fundamentale, de principiu, fără a intra în amănunte.

O bibliografie adecvată (37 titluri), divizată în o parte cu caracter general și o parte specifică anumitor capitole, dă posibilitatea cititorului interesat să poată aprofunda acele aspecte ce-i sînt necesare.

Fără a diminua meritele didactice și științifice ale lucrării, considerăm că ar fi fost indicat ca în conținutul cărții să se fi reflectat mai pregnant prescripțiile și normativele Ministerului Energiei Electrice referitoare la problemele de utilizare a energiei electrice și aceasta cu atît mai mult cu cît cartea se adresează cu precădere personalului tehnic de specialitate din producție.

În același context, subliniem faptul că n-ar fi fost lipsite de interes cîteva noțiuni legate de fiabilitatea instalațiilor electrice industriale, cîteva elemente privitoare la bilanțurile electroenergetice și desigur cîteva elemente privind relația furnizor-consumator de energie electrică.

De asemenea, introducerea cîtorva noțiuni de prelucrare automată a datelor și aceasta mai ales în ceea ce privește regimurile de funcționare ale consumatorilor industriali de energie electrică ar fi întregit mai bine conținutul merituos al lucrării.

Toate acestea ar putea fi luate în considerare, evident, la o eventuală nouă ediție a lucrărilor.

Ing. Romulus Sfichi

IRE Suceava

CUPRINSUL GENERAL

al revistei Energetica pe anul 1984

Energetică generală, orientări noi în energetică

1. Ion Antoniu, Călin Mihăileanu : O chestiune de prioritate, nr. 1, p. 14—24.
2. Ștefan Gadola, Alexandru Mathe : Posibilitatea valorificării la maximum a capacității de transport a liniilor electrice subterane care funcționează în regim variabil cu o sarcină ciclică zilnică, nr. 2, p. 53—57.
3. Constantin Brătianu, Ion Giosan, Dumitru Popescu : Rezolvarea ecuațiilor transcendente și criteriale folosite în termoenergetică cu ajutorul metodelor numerice iterative, nr. 2, p. 87—92.
4. Gheorghe Bălan, Alexandru Blada : Prognoze energetice pînă la sfîrșitul acestui deceniu elaborate în S.U.A. pentru unele zone ale lumii, nr. 9, p. 389—395.
5. Gheorghe Bălan, Alexandru Blada : Aspecte ale dezvoltării energiei electrice în S.U.A., nr. 11, p. 486—492.
6. Constantin Dumitru, Daniela Dumitru : Energii vehiculate și stocate pe Terra, nr. 11, p. 492—498.

Energetica în unități economice, economia de energie în toate formele, recuperări de energie

1. Gheorghe Ijac, Gheorghe Cepoiu, Nicolae V. Boțan, Mircea P. Diaconescu, Gheorghe Savitescu, Horațiu V. Zărnescu, Călin Mihăileanu, Dumitru M. Potlog : Dispozitive și instalații de comandă, menținere în funcțiune și optimizare a unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone I. Dispozitive și instalația SINCROOPT I, nr. 1, p. 25—29.
2. Gheorghe Ijac, Gheorghe Cepoiu, Nicolae V. Boțan, P. Diaconescu, Gheorghe Savitescu, Constantin Huțan, Călin Mihăileanu, Dumitru M. Potlog : Dispozitive și instalații de comandă, menținere în funcțiune și optimizare a unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone. II. Instalația SINCROOPT, varianta a II-a, nr. 2, p. 57—64.
3. Adrian Ruiu : Valorificarea căldurii deșeu din industrie cu ajutorul grupurilor turbogeneratoare cu fluide organice, nr. 2, p. 78—81.

4. Gheorghe Ijac, Gheorghe Cepoiu, Mircea P. Diaconescu, Gheorghe Savitescu, Constantin Huțanu, Nicolae V. Boțan, Călin Mihăileanu, Dumitru Potlog : Dispozitive și instalații de comandă, menținere în funcțiune și optimizare a unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone. III. Instalația SINCROOPT, varianta a III-a, nr. 3, p. 101—110.
5. Dorel Cernomazu : Noi contribuții la realizarea unei automatici pentru limitarea funcționării în gol a consumatorilor de energie electrică, nr. 5, p. 198—205.
6. Liviu Canciu, Nicolae Oprișiu : Determinarea grafo-analitică a unor mărimi mecanice în cazul unei acționări cu motor electric asincron, nr. 8, p. 342—343.
7. Ioan Zaharescu : Utilizarea căldurii reziduale a gazelor de ardere de la cuptoarele de forjă și tratamente termice primare pentru producerea energiei electrice, nr. 12, p. 533—543.

Dezvoltarea producției de energie pe bază de combustibili solizi. Reducerea și eliminarea consumurilor de hidrocarburi

1. Ștefan Nibeleanu : Explozivitatea prafurilor și măsuri de prevenire a exploziilor sau efectelor acestora, nr. 2' p. 65—67.
2. Margareta Tomescu, Valentina Bălan : Analiza prin spectre IR și termodiferențială a șisturilor bituminoase din bazinul Anina, nr. 6, p. 245—249.
3. Mircea Cârdu : Caracteristicile unor turbine cu abur reprezentative construite în România, nr. 7, p. 295—301.
4. Maria Maftei, Valentina Bălan : Aplicarea de tehnologii pentru îmbogățirea lignitului și a șisturilor bituminoase, nr. 7, p. 301—304.
5. Marin Mihăilescu, Victor Răileanu : Reglarea electrohidraulică a turbinelor cu abur de 330 MW tip FIC 330, nr. 8, p. 370—376.
6. Viorica Neațu, Valentin Marghitu : Metodă rapidă pentru determinarea puterii calorice cu ajutorul traductoarelor radiometrice de laborator. I. Metodă discontinuă de laborator, nr. 9, p. 395—402.
7. Constantin C. Neaga : Creșterea stabilității arderii prafului de lignit folosind schema de pregătire semideschisă cu concentrator de praf, nr. 10, p. 437—443.
8. Viorica Neațu, Laurențiu Ghioca, Marius Ionescu : Caracteristicile lignitului din bazinul Oltenia Nord și influența acestora asupra indicatorilor tehnico-economici ai CTE Rovinari, nr. 10, p. 443—447.
9. Heler Afilon : Posibilitatea realizării unor manometre cu membrană elastică și traductor Hall de deplasare liniară, nr. 10, p. 447—452.
10. Alice-Anca Cocoș, Simona Zamfir : Aprecieri privind influența stării inițiale de ecruisare a alamelor asupra rezistenței lor la coroziune în exploatare, nr. 11, p. 499—504.
11. Ioana Golești eanu, Cornel Ungureanu : Unele aspecte privind utilizarea ultrasunetelor în procesele de ardere a prafului de cărbune, nr. 11, p. 505—509.

Proiectarea, realizarea și exploatarea rețelelor electrice de transport-distribuție

1. Traian-G. Ionescu, Liana Bilegan : Proiectarea automată a rețelelor electrice de distribuție, nr. 1, p. 30—40.
2. Viorel Grigoriu : Reducerea volumului de construcții la stațiile de 110 kV de tip interior, prin adoptarea și utilizarea echipamentului debroșabil, nr. 5, p. 211—216.
3. Abdulah Nabijovici : Dimensionarea optimă a instalației de by-pass medie-joasă presiune din schemele turbinelor cu abur, nr. 9, p. 403—409.
4. Mihai Moga, Adrian Buta, Gicu David : Incadrarea în randamente optime a acționării instalațiilor de ventilație și exhaustare slab încărcate prin înlocuirea motorului electric de antrenare, nr. 10, p. 452—457.
5. Fănică Vatră : Supratensiuni temporare la funcționarea unei linii lungi în gol, nr. 11, p. 510—517.

Reducerea consumurilor specifice și tehnologice de combustibili și energie electrică în centralele și rețelele electrice

1. Vladimir Nicu : Prevenirea creșterii consumului intern de energie în CET, nr. 3, p. 111—112.
2. Florian Predan : Exploatarea cu consumuri tehnologice mici a rețelei de alimentare cu energie electrică a unei întreprinderi industriale, nr. 5, p. 206—211.
3. Abdulah Nabijovici : Considerații asupra utilizării instalațiilor de by-pass în schemele centralelor, nr. 6, p. 249—255.
4. Mircea Cârdu : Stadiul actual al cercetărilor privind ventilele de reglare a admisiei la turbinele cu abur, nr. 8, p. 344—347.
5. Emil Cocoș : Posibilități de evaluare a eficienței economice realizată de filtrele absorbante prin stingerea armonicilor superioare, nr. 10, p. 458—462.
6. Apolon Mihailovici : Stabilizarea procesului de autoexcitație a hidrogeneratorului cu diode rotative, nr. 11, p. 518—519.
7. Ion Nicolau : Acționări hidraulice pentru turbine cu abur, nr. 12, p. 550—553.

Funcționarea sistemului electroenergetic și a elementelor acestuia în condiții de siguranță sporită. Automatizări. Telemecanică. Teleinformatică

1. Octavian Gheorghe, V. Ștefănescu, Bogdan Minteanschi : Aspecte noi privind separarea automată a unor centrale electrice cu consumul zonal, nr. 3, p. 113—117.
2. Stelian Popescu : Structuri de protecții de impedanță modelînd caracteristici descrise de ecuații de gradul patru în planul impedanței (admitanței), nr. 5, p. 223—229.
3. Hermina Albert, Bogdan Ungureanu : Funcțiuni și activități pentru conducerea și comanda operativă a Sistemului Energetic Național, nr. 5, p. 226—231.
4. Mihai Rusu, Georgeta Rusu : Aparat pentru detectarea automată a pendulațiilor și obținerea deconectării în caz de nesincronism, nr. 6, p. 255—265.
5. Mihai Moga, Jeneș Andraș : Reglajul tensiunii și puterii reactive pe baza diagramelor de funcționare limită a unei centrale electrice interconectate într-un sistem electroenergetic, nr. 6, p. 266—270.
6. Liviu Lup : Dezvoltarea și funcționarea ansamblului centralelor electrice, nr. 7, p. 305—311.
7. Ștefan Kilyeni : Implementarea sistemului de reglare automată a excitației (SRAE) aferent generatoarelor din centrala Porțile de Fier 1, în programul de calcul pentru analiza regimurilor dinamice ale sistemelor electroenergetice (SEE). I. Modelul matematic al SRAE încadrat în modelul generatorului, nr. 7, p. 312—319.
8. Ștefan Kilyeni : Implementarea sistemului de reglare automată a excitației (SRAE) aferent generatoarelor din centrala Porțile de Fier 1, în programul de calcul pentru analiza regimurilor dinamice a sistemelor electroenergetice (SEE) complexe. II. Etape de calcul. Considerarea nelinearităților. Probleme de calcul numeric, nr. 8, p. 348—355.
9. Dan Zlatanovici, Gheorghe Bălan, Filip Engster : Determinarea stării izolației înfășurărilor statorice ale generatoarelor electrice, prin măsurători profilactice, nr. 8, p. 356—363.
10. Mircea Nemeș, Ion Topirceanu, Vladimir Hristea : Tratarea neutrului rețelelor de distribuție cu linii în cablu, prin rezistor de limitare în cadrul IRE Timișoara, nr. 12, p. 553—559.
11. Mihai Semedrea, Augustin Aldasoro : Realizarea funcției de supraveghere în cadrul automatizării termocentralelor cu grupuri de 50 MW cu ajutorul echipamentelor electrice de calcul, nr. 12, p. 559—562.

Creșterea eficienței producerii, transportului și distribuției căldurii la consumatori ; alimentare din CT sau CET

1. D. Dobrinescu, V. Somoghi : Optimizarea dimensionării conductelor izolate, nr. 3, p. 118—124.

Surse noi și reînnoibile și tehnologii noi în energetică

1. Aurel Leca, Minodora Leca, Cornelia Chiujdea : Cercetări asupra efectului TOMS privind reducerea frecării la curgerea turbulentă a lichidelor, nr. 1, p. 40—45.

2. Aurel Leca, Minodora Leca : Aplicarea efectului TOMS la reducerea consumului de energie de pompare a lichidelor, nr. 2, p. 81—87.
3. Cristian Ţânţăreanu : Avantajele energetice ale funcţionării cu turaţie variabilă a grupurilor aerogeneratoare de mare putere, nr. 3, p. 125—131.
4. Alexandru Florescu, Natalia Burchiu, Toma Dragomir : Pompe de căldură de mare capacitate pentru recuperarea căldurii din apele tehnologice de răcire din cadrul platformei industriale Brazi, nr. 4, p. 149—153.
5. Constantin Popescu, Ştefan Marin, Marian Lauric : Concepţia de ansamblu şi soluţiile tehnologice aplicate în execuţia heliostatelor pentru centrala solară cu ciclu termodinamic de înaltă temperatură, nr. 4, p. 154—161.
6. Dumitru M. Potlog, Constantin Popescu, Ion Turcu : Acţionarea electrică în curent alternativ a heliostatelor unei centrale solaro-electrice cu turn, nr. 4, p. 161—168.
7. Victor Vărzaru, Marian Lauric, Tudor Molnar : Concentrator parabolic pentru centrala solaro-electrică cu concentrare distribuită, nr. 4, p. 168—173.
8. Marin Stoian, V. Teodorescu, Vladimir Vorobchievici : Alegerea amplasamentului şi concepţiei de plan general pentru centrala solaro-electrică experimentală de 1 MWe, nr. 4, p. 173—176.
9. Alexandru Mihăilă, Ion C. Bilegan, Adriana Predica, Constantin I. Staicu : Unele efecte ale acumulării căldurii în sistemele de termoficare, nr. 4, p. 177—180.
10. Gheorghe Voicu, Cristian Ţânţăreanu, Marin Tudor : Grupul aerogenerator tip SAG, nr. 4, p. 180—185.
11. Cristian Ţânţăreanu : Generatorul asincron cu dublă alimentare — o soluţie pentru grupuri energetice neconvenţionale, nr. 4, p. 185—189.
12. Alexandru Mihăilă, Constantin I. Bilegan, Adriana Predica : Rezultate experimentale obţinute la stocarea căldurii şi a hidrogenului cu ajutorul hidrurilor de fier-titaniu, nr. 7, p. 319—324.
13. Adrian Opriţoiu : Asupra eficienţei proceselor de producere a energiei termice, nr. 12, p. 563—568.

Noi tehnologii şi materiale chimice folosite în producerea şi distribuirea energiei electrice şi a căldurii

1. Mihai Chirica, Elena Chirica : Unele aspecte privind regimul chimic al cazanului tip C_2 de 120 t/h şi 100 daN/cm^2, nr. 7, p. 324—327.

Dezvoltarea sistemului electroenergetic naţional şi implementarea centralelor nucleare-electrice

1. Eugeniu Pavel, Victor Romert : Aspecte ale problematicii sistemelor electroenergetice. Situaţia actuală. Perspective, nr. 10, p. 463—467.

Valorificarea potenţialului hidroenergetic

1. Romulus Sfichi : Asupra unor aspecte privind siguranţa în funcţionarea microhidrocentralelor după principiul ,,tot sau nimic", nr. 7, p. 327—332.
2. Dan Stamatiu, Ion Bichea, Liviu Popescu : Un criteriu energo-economic pentru determinarea volumului raţional de injecţii de impermeabilizare, nr. 8, p. 364—369.
3. Gheorghe Opriş, Constantin Ionescu : Consideraţii preliminare privind utilizarea unor prototipuri de hidroagregate bulb pe riurile interioare din România, nr. 9, p. 409—417.
4. Ion Popescu, Nicolae Sincrăian : Soluţii de îmbunătăţire şi modernizare a echipamentelor din centralele electrice echipate cu turbine Francis, nr. 10, p. 467—471.
5. Dumitru Spiridon : Inventarierea micropotenţialului hidroenergetic al cursurilor de apă din R.S. România nr. 10, p. 471—480.
6. Romulus Sfichi, Dan Boşcoianu, Ovidiu Lungu, Constantin Paicu : Utilizarea pompelor centrifugale în regim de microturbine pentru echiparea microhidrocentralelor, nr. 11, p. 520—525.

Schimb de experienţă în exploatare

1. Ovidiu Mustaţă, Romulus Sfichi, Ovidiu Lungu : Posibilităţi de creştere a aportului sectorului forestier la îmbunătăţirea balanţei energetice, nr. 6, p. 271—273.

Energetica peste hotare

1. Perspectivele utilizării resurselor energetice neconvenţionale în U.R.S.S., nr. 6, p. 279—282.

De la Comitetul Naţional Român al Conferinţei Mondiale a Energiei

1. Energetica 32 (1984), nr. 4, p. 190—191.
2. A XXX-a sesiune a CIGRE, nr. 6, p. 283—284.
3. Balanţa energetică mondială 2000—2020, nr. 9, p. 417—426.
4. Simpozionul CIGRE ,,Sistemele electroenergetice din ţările în curs de dezvoltare", Dakar — Senegal, noiembrie 1985, nr. 11, p. 526.

Minimonografii

1. Paul Cartianu, Ioan Mazilu : Centrale hidroelectrice pe riul Bistriţa, nr. 5, p. 216.
2. Paul Cartianu, Ioan Mazilu : Centrala hidroelectrică Bacău, nr. 9, p. 426—427.
3. Paul Cartianu : Centrala hidromecanică — hidroelectrică Letea — Bacău, nr. 10, p. 480.
4. Valentina Iosif, Liliana Stoica : Din activitatea muzeului tehnic ,,Prof. dr. Dimitrie Leonida", nr. 11, p. 527.
5. Paul Cortianu, Ioan Mozeş : Evoluţia iluminatului şi alimentării cu energie electrică a oraşului Braşov, nr. 12, p. 570.

Cronică

1. Ion Iordănescu : Conferinţa Naţională de Energetică Bucureşti, 23—25 noiembrie 1983, nr. 3, p. 134—139.
2. Radu Enache : Al IV-lea Simpozion de inginerie de înaltă tensiune — Atena, septembrie 1983, nr. 5, p. 234.
3. Constantin Haiduc : A VIII-a Sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de Cercetări şi Inginerie Tehnologică pentru Echipamente Energetice, nr. 5, p. 235.
4. Constantin I. Staicu, Alexandru Mihăilă : A IX-a sesiune anuală asupra stocării energiei termice, nr. 6, p. 283—285.
5. Romeo Zbarcea : Unele aspecte privind problemele dezbătute la Seminarul asupra utilizării integrale a combustibililor cu putere calorifică scăzută — Moscova, 24—28 octombrie 1983, nr. 8, p. 380—383.
6. Vasile Rugină : A III-a consfătuire pe ţară cu tema ,,Valorificarea resurselor energetice şi utilizarea raţională a energiei electrice şi termice" — Braşov, 21—23 iunie 1984, nr. 9, p. 427—428.
7. Ana Dobre : Al V-lea simpozion ,,Modelarea cibernetică a proceselor de producţie" — Bucureşti, 14—16 iunie 1984, nr. 9, p. 429.
8. Alexandru Forje, Jean Constantinescu : Simpozionul naţional de comunicări tehnico-ştiinţifice pentru tineret ,,Orientări actuale şi de perspectivă în ştiinţa şi tehnica românească", nr. 9, p. 430.

Colectivul redacției revistei

ENERGETICA

urează cititorilor și colaboratorilor săi

succese deosebite în activitate

și realizarea tuturor dorințelor.

La

mulți

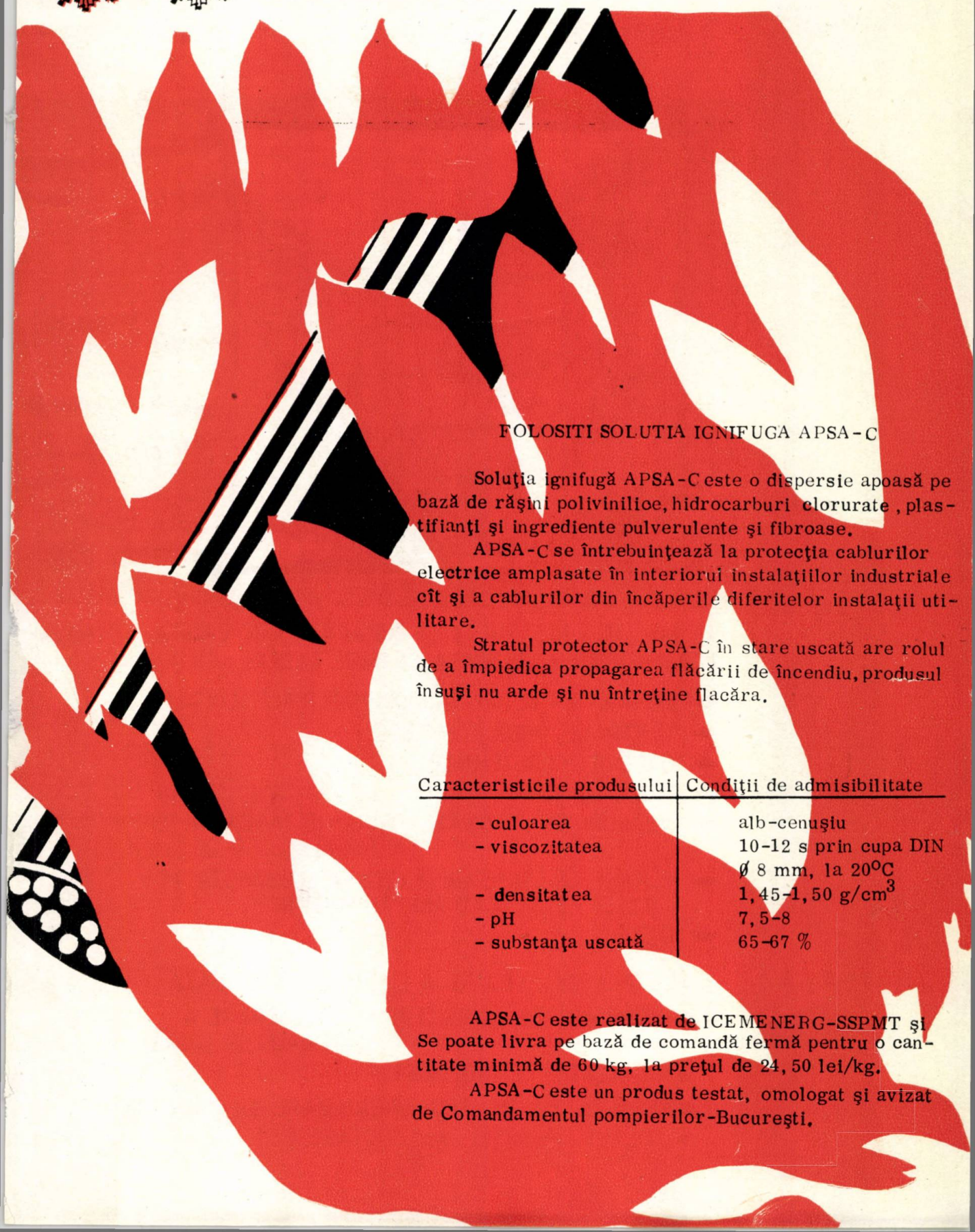
ani

1985!

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

ICEMENERG

Bd. ENERGETICIENILOR 8 ● SECTORUL III
79619 BUCUREŞTI ● Telefon : 214630 ; 206730
Telex : ICEMENERG 10783 ● CONT: 30.11.8.01.01
BNRSR Filiala Sector III BUCUREŞTI



FOLOSITI SOLUTIA IGNIFUGA APSA-C

Soluţia ignifugă APSA-C este o dispersie apoasă pe bază de răşini polivinilice, hidrocarburi clorurate, plastifianţi şi ingrediente pulverulente şi fibroase.

APSA-C se întrebuinţează la protecţia cablurilor electrice amplasate în interiorul instalaţiilor industriale cît şi a cablurilor din încăperile diferitelor instalaţii utilitare.

Stratul protector APSA-C în stare uscată are rolul de a împiedica propagarea flăcării de încendiu, produsul însuşi nu arde şi nu întreţine flacăra.

Caracteristicile produsului	Condiţii de admisibilitate
- culoarea	alb-cenuşiu
- viscozitatea	10-12 s prin cupa DIN Ø 8 mm, la 20°C
- densitatea	1,45-1,50 g/cm^3
- pH	7,5-8
- substanţa uscată	65-67 %

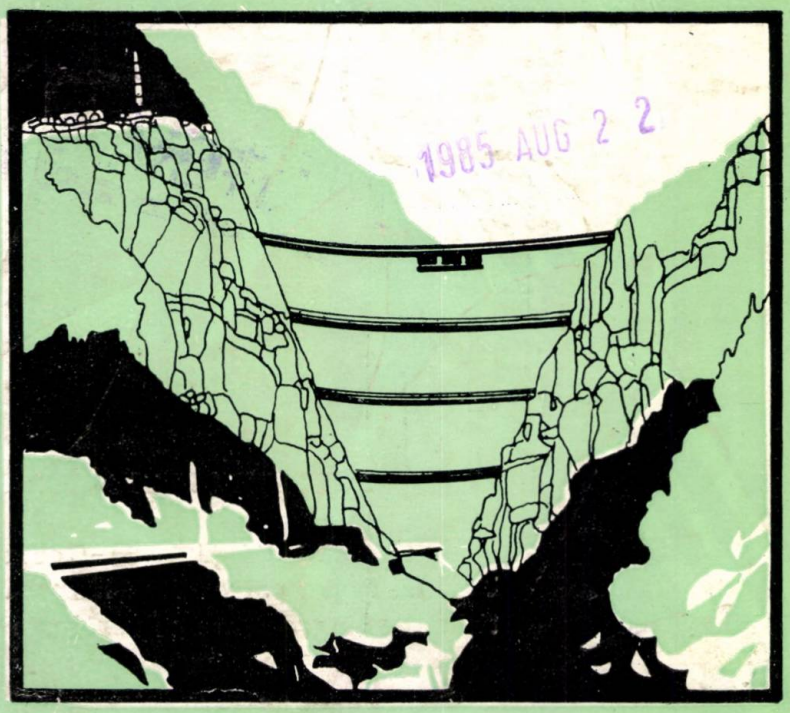
APSA-C este realizat de ICEMENERG-SSPMT şi Se poate livra pe bază de comandă fermă pentru o cantitate minimă de 60 kg, la preţul de 24,50 lei/kg.

APSA-C este un produs testat, omologat şi avizat de Comandamentul pompierilor-Bucureşti.

TAGCH

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCURESTI

STR. DIMITRIE ONCIUL NR. 23-25
SECTOR 2 COD: 70318
TELEFON: 355470
TELEX: 10244 R



1985 AUG 22

EXECUTA :

LUCRARI DE CONSTRUCTII SI INSTALATII DIN CADRUL AMENAJARI HIDROENERGETICE DE JOASA SI MARE CADERE :

- BARAJE DIN BETON, SAU DIN MATERIALE LOCALE
- CENTRALE HIDROELECTRICE
- GALERII HIDROTEHNICE
- PRIZE DE APA
- VOALURI DE ETANSARE PRIN INJECTAREA IN TEREN A SUSPENSIILOR DE CIMENT
- ECRANE DE ETANSARE, EXECUTATE CU INSTALATII KELLY, ELSE SAU PERETI SUBTIRI
- DIGURI

PROIECTEAZA:

- DETALII DE EXECUTIE A LUCRARILOR DE BAZA
- INSTALATII DE PRODUCERE SI PRELUCRARE A MATERIALELOR LOCALE
- INSTALATII TEHNOLOGICE
- PROIECTE TIP PENTRU ORGANIZARE DE SANTIER
- UTILAJE PENTRU AUTODOTARE